

DÉPARTEMENT DE SCIENCE ÉCONOMIQUES

Faculté des lettres et sciences humaines

Université de Sherbrooke

LES PERMIS ÉCHANGEABLES COMME INSTRUMENT ÉCONOMIQUE POUR LE
CONTROLE DE L'ENVIRONNEMENT

par

ÉRIC CHAMELOT

Bachelier ès sciences (économie et mathématiques)

de l'Université de Montréal

MÉMOIRE PRÉSENTÉ

pour obtenir

LA MAÎTRISE ÈS ARTS (ÉCONOMIE)

Sherbrooke

MAI 1996

RÉSUMÉ

Ce mémoire aborde la question des permis échangeables comme instrument économique pour le contrôle de la pollution en situation de concurrence imparfaite. L'efficacité du système de permis échangeables en situation de concurrence parfaite a été largement démontré et ne fait plus l'ombre d'un doute. Cependant, ce type de marché est rare. A l'aide d'un modèle à la Cournot, on examine donc les effets d'un tel instrument sur la demande de permis, sur les investissements technologiques et sur les profits.

Les deux premiers chapitres sont consacrés à une revue et une analyse, d'abord, de la théorie des externalités et du théorème de Coase, et ensuite de quelques instruments dit de type "système de marché": la taxation, le permis échangeable et la subvention.

Enfin, à partir du chapitre 3, on suppose le plus simple des scénarios à deux joueurs. Il est démontré que sous les hypothèses du modèle, les firmes verront l'occasion de profiter du marché des permis pour acquérir, de façon stratégique, une plus grande part de leur marché de production et éventuellement en devenir monopoleur. À toutes fins pratiques, les calculs du chapitre 3 nous amènent à la conclusion qu'avec un marché de concurrence imparfaite, bien qu'il y ait des échanges de permis, ces échanges sont à sens unique, vers le monopsonne des permis par une des firmes et, évidemment, une demande nulle de l'autre. Par conséquent de ce monopsonne, la production du bien de consommation sera monopolisée.

Pour pallier à ce problème, ce mémoire propose une variante au modèle "traditionnel" de permis échangeables. Notre modèle inclut un prix plancher garanti par le gouvernement. On fixe le prix de façon à s'assurer que le gain en profit, pour la firme vendeuse de permis, est supérieur lorsqu'elle vend sur le marché que si elle accepte la compensation du monopoleur. La source du problème de monopsonne des permis c'est que le profit de monopole est supérieur à la sommation des profits de duopole. En fixant le prix plancher de façon à enrayer ce problème, nous garantissons l'efficacité des permis échangeables malgré la situation de concurrence imparfaite.

Ce mémoire cherche donc à mettre en valeur l'argument des permis échangeables comme instrument économique favorable à la préservation de l'environnement dans un contexte de concurrence imparfaite.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été rédigé dans le cadre du projet STOPER. Je tiens à remercier la direction et les gens impliqués dans STOPER pour m'avoir accordé l'opportunité de travailler au sein de cette équipe multidisciplinaire et pour la bourse qui s'y rattachait. L'expérience a été enrichissante.

Je voudrais également remercier M. Anastassios Gentzoglanis d'abord pour ses conseils, ses critiques constructives et son encadrement à mon égard, mais aussi pour m'avoir encouragé à choisir l'environnement et plus particulièrement les permis échangeables comme sujet de mémoire. J'y ai découvert un intérêt profond.

Enfin des remerciements à messieurs Pierre De Coninck, Jean-Guy Latulippe et Yves Richelle pour leurs commentaires et conseils.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|------|
| INTRODUCTION | p.1 |
| CHAPITRE 1: THÉORIE DES EXTERNALITÉS | p.5 |
| CHAPITRE 2: LES INSTRUMENTS ÉCONOMIQUES DU CONTRÔLE DE L'ENVIRONNEMENT | p.13 |
| 2.1 Éventail des instruments économiques pour réglementer la pollution. | p.14 |
| 2.2 Les instruments de type "système de marché" | p.16 |
| CHAPITRE 3: MODÉLISATION DU SYSTÈME DE PERMIS ÉCHANGEABLES | p.27 |
| Introduction | p.28 |
| 3.1 Modélisation du système "traditionnel" de permis échangeables | p.31 |
| 3.2 Détermination des zones où la firme 1 atteint le monopole, où la firme 2 atteint le monopole et où les deux firmes atteignent le duopole | p.48 |
| 3.3 Détermination du niveau technologique | p.51 |
| 3.4 Détermination de la demande de permis | p.54 |
| Conclusion | p.61 |
| CHAPITRE 4: MODÈLE DE PERMIS ÉCHANGEABLES AVEC POSSIBILITÉS DE REVENTE AU GOUVERNEMENT | p.62 |
| Introduction | p.63 |
| 4.1 Le Modèle | p.64 |
| 4.2 Détermination de m_i^* | p.68 |
| 4.3 Détermination des e_i^* et a_i^* | p.70 |
| Conclusion | p.72 |
| CHAPITRE 5: CONCLUSIONS GÉNÉRALES | p.73 |

INTRODUCTION

En 1972, l'O.C.D.E. a tenté de radier le problème des droits de propriété en stipulant que les ressources naturelles (eau, air,...) seraient la propriété du public et que ceux qui voudraient en faire l'usage (usure) devraient désormais payer. Depuis cette date, la façon traditionnelle de traiter des problèmes de pollution fut d'appliquer le principe du "pollueur-payeur", qui, comme le nom l'indique, oblige les agents économiques à payer pour leurs exploitations de l'environnement. À toute fin pratique, l'O.C.D.E. visait l'élimination du problème des externalités en fixant les droits de propriété et en assurant la compensation pour l'usage des ressources naturelles.

Ce principe ne s'est pas avéré idéal. Il est fondamentalement valable, mais l'interprétation que l'on en faisait était fallacieuse. À un niveau de technologie fixe, il faut ou bien que le *pollueur* soit taxé pour réduire sa pollution et par conséquent sa production; ou bien lui permettre de continuer de polluer et de compenser le *pollué* à l'aide de subventions; ou bien, ce qui est encore plus coûteux, subventionner le *pollueur* pour lui permettre de réduire ses émissions polluantes par une hausse de son niveau technologique. Ces façons de faire n'exploitent pas pleinement l'esprit du principe pollueur-payeur.

C'est probablement pour ces raisons de sous-optimalité que l'O.C.D.E. aurait procédé depuis, à des modifications à son principe pollueur-payeur. En 1986, l'O.C.D.E. présentait le principe dit de *compensation réciproque* où¹ <<le pollueur doit assumer le coût du dommage causé par la pollution ce qui encourage les pollueurs à tenir compte des coûts externes de la pollution, tandis que la "victime" de la pollution doit assumer les coûts de la lutte anti-pollution, ce qui l'incite à supporter la pollution tant que cela constitue la solution la moins coûteuse.>>

Dans l'esprit de ces principes, les gouvernements cherchent aujourd'hui à développer des méthodes plus efficaces pour combattre la pollution. Les méthodes actuelles, qui sont de type "O et C"², ne sembleraient pas donner les résultats escomptés. Il existe en effet un haut taux de non-conformité à la réglementation environnementale qui pourrait être dû, en partie, aux coûts élevés des

¹ Nicolaisen, A. Dean, Peter Hoeller, Économie et environnement, Problèmes et orientation possibles: Revue économique de l'O.C.D.E., 1986.

² Ordre et Contrôle

systèmes d'épuration, en partie aux amendes trop faibles pour faire respecter les quotas imposés, mais aussi pourrait être dû à l'implication sociale trop faible des entreprises. (voir J.Braden et K.Segerson (1991); A.P.Xepapadeas (1992); T.Tietenberg (1990)).

Du point de vue économique, s'il était possible d'obtenir l'information pertinente au calcul des coûts et bénéfices d'un type de pollution, ou encore d'obtenir toute l'information nécessaire pour décrire le plus précisément possible la situation socio-économique actuelle, il serait préférable de calculer le niveau d'émission/pollution et de production optimale, et d'appliquer une politique de O et C. Par contre, en situation d'incertitude, quand l'information est incomplète, l'exactitude des estimations est remise en cause et il est fort possible que la méthode de contrôle direct sous-estime les coûts réels et surestime les bénéfices réels. La plupart du temps l'information fiable est difficile à récolter. Pour cette raison, les gens chargés d'étudier et de proposer les nouvelles réglementations ont maintenant envisagé de se tourner vers des instruments économiques de type "système de marché". Ces instruments, n'exigeant pas de connaître la solution optimale au départ pour être efficace, permettraient de déterminer les prix, les quantités, la production optimale et ainsi le niveau de pollution optimal pour la société, et ce, à l'aide des forces du marché (offre, demande, concurrence parfaite et imparfaite).

Les économistes font face à un dilemme pour établir des critères quant au choix d'une réglementation qui éliminerait les externalités négatives. En effet le genre d'intervention économique pour le contrôle de la pollution n'est pas facile à choisir d'abord parce qu'il existe différents types de réglementation (O et C vs système de marché), ensuite à cause de l'éventail des instruments de réglementation (taxation, permis échangeables, subventions,...) et, enfin, à cause de la diversité des avantages et des inconvénients qui caractérisent chaque réglementation. En essayant de modéliser des critères de décisions, les économistes ont pu établir que le choix, entre la méthode de taxation et la méthode de permis échangeables, repose évidemment sur le type de problème de pollution auquel on fait face, mais aussi sur l'objectif que l'on vise. La méthode de permis ne risque pas de rater son objectif dans un marché de concurrence parfaite, c'est-à-dire le niveau d'épuration visé sera atteint car elle fixe ex ante la quantité allouable de permis de pollution et laisse le prix de ces permis s'ajuster. C'est le jeu de l'offre et de la demande qui permettra au **Prix** de se fixer au niveau de coût marginal (Cm) social plutôt qu'au niveau sous-optimal du Cm privé. La taxation, quant à elle, prévoit une

répartition qui n'est pas excessive des ressources économiques lorsque celles-ci sont limitées, car elle fixe d'abord le prix et permet aux quantités de s'ajuster en conséquence.

Ce mémoire abordera les différents sujets ci-haut mentionnés commençant, au chapitre 1, par une revue de la théorie des externalités. Nous verrons les effets de la répartition des droits de propriété sur les agents économiques. Par l'entremise du théorème de Coase, nous verrons comment et sous quelles conditions il est possible de faire coïncider le choix privé et le choix social.

Ceci étant dit, nous verrons au début du chapitre 2, quelques uns des instruments économiques dit de type "système de marché": la taxation, le permis échangeable et la subvention. Bien que ce travail cherche à mettre en valeur l'argument des permis échangeables comme instrument économique pour le contrôle de la pollution, il serait intéressant et nécessaire de comparer les avantages et les inconvénients de chacun de ces instruments afin de pouvoir analyser sous quelles conditions un instrument peut être favorisé au détriment des autres.

Le point central de ce travail demeure les chapitre 3 et 4. Nous y aborderons d'abord au chapitre 3 le cas d'un système de permis échangeables dans un marché de concurrence imparfaite. Ensuite, au chapitre 4 nous verrons comment notre modèle diffèrera du modèle "traditionnel" de permis échangeables car il permettra aux entreprises de vendre leurs permis inutilisés au gouvernement à défaut de les vendre à leurs compétiteurs sur le marché.

Dès que le gouvernement rachète des permis, il réduit du même coup la quantité de permis disponibles sur le marché, il fait donc augmenter le prix des permis et, indirectement, les coûts de production. Il s'agit d'analyser dans quel contexte pourrait se situer une entreprise pour préférer vendre ses permis inutilisés au gouvernement plutôt qu'à d'autres entreprises qui en auraient besoin. Serait-ce pour des raisons de stratégies industrielles ou commerciales? Y aurait-il des avantages stratégiques à créer des barrières économiques pour ses compétiteurs en réduisant la quantité de permis échangeables disponibles? Aussi, quelle serait la pertinence pour le gouvernement de distribuer des droits de propriété pour, plus tard, les retirer du marché? Peut-être lui serait-il suffisant de savoir qu'en diminuant la quantité de droits de propriété en circulation, il maintiendrait la valeur des permis restants? Autre dilemme, serait-il sage de diminuer les droits de propriété en circulation

sachant que cette pratique pourrait mener à une situation de monopole pour la firme pionnière (i.e. la première à investir dans sa technologie d'épuration, $a_i > a_j$) ?

L'objectif de ce travail est double. D'abord il s'agira de démontrer qu'en situation de concurrence imparfaite, le modèle "traditionnel" de permis échangeables n'est pas efficace puisque les firmes refusent de transiger sur le marché des permis, n'acceptant pas de vendre leurs permis inutilisés à leurs compétiteurs. Ensuite, nous voudrions vérifier si, en situation de concurrence imparfaite, on ne pourrait pas rendre les permis échangeables plus alléchants pour les entreprises et le gouvernement. Peut-être qu'en modifiant le modèle traditionnel comme on propose de le faire, on incitera les entreprises à développer des stratégies concurrentielles qui incluraient les variables à caractères environnementaux. Ce travail cherchera donc à mettre en valeur l'argument des permis échangeables, comme instrument économique favorable à la préservation l'environnement dans un marché de concurrence imparfaite.

CHAPITRE 1

THEORIE DES EXTERNALITES

INTRODUCTION

Ce premier chapitre a pour but d'amorcer une analyse théorique des conséquences économiques de la pollution. Avant d'analyser, dans le chapitre suivant, l'éventail des instruments économiques pour le contrôle de la pollution, et avant de passer aux modèles de permis échangeables dans le chapitre 3, nous verrons d'abord comment la pollution peut être considérée comme un problème d'externalité, et comment l'absence de droits de propriété sur les ressources naturelles, cumulé à l'attitude passive des entreprises face aux questions environnementales, crée un vacuum dans l'économie.

Nous terminerons ce chapitre en voyant sous quelles conditions il serait possible d'ajuster le choix privé pour que celui-ci coïncide avec le choix social, la différence entre les deux étant justement les coûts externes souvent négligés par les entreprises.

DROITS DE PROPRIÉTÉ

Le problème de la pollution environnementale est synonyme d'externalité négative causée par l'absence de droits de propriété. On définit l'**externalité négative**³ comme étant un phénomène où l'usage d'un bien par un agent économique est la cause d'une perte de bien-être d'un autre agent. En particulier, il semblerait que l'origine de ce problème provienne du fait que les entreprises ne tiennent pas compte de coûts économiques reliés à l'environnement lorsqu'elles déterminent leur fonction de coûts. Le fait qu'il y ait absence de droits de propriété implique qu'elles n'ont pas à payer de coûts pour l'usage des ressources naturelles (eau, air, ozone, oxygène,...). Ceci entraîne l'abus de l'environnement, d'où l'externalité négative de certaines industries polluantes sur d'autres agents économiques, et entraîne par le fait même un bien-être social sous-optimal.

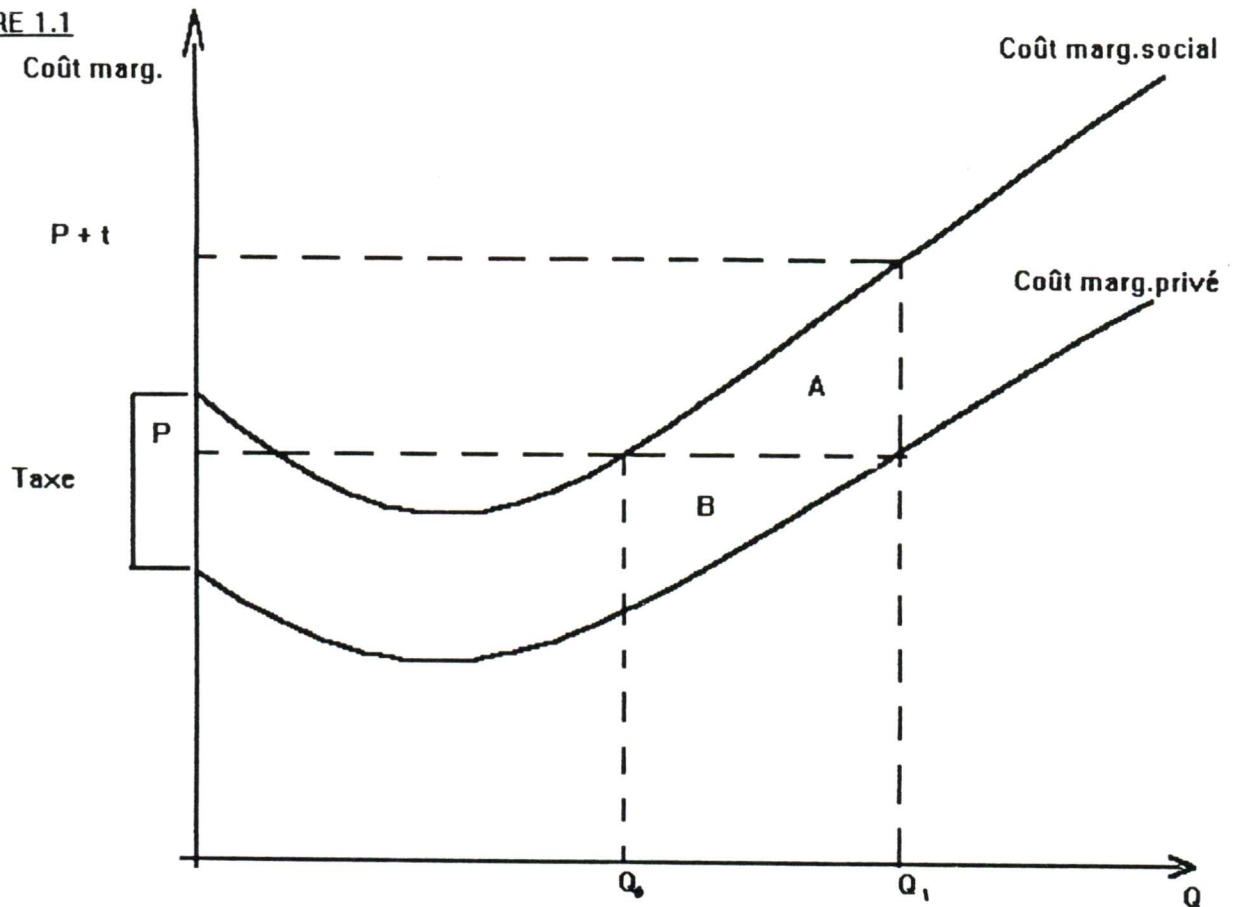
Il n'est pas clair qu'une firme veuille, d'elle-même, tenir compte des dommages qu'elle cause à ces voisins lorsqu'elle détermine sa fonction de coûts. Pour cette raison le gouvernement aura parfois à intervenir pour réglementer toutes ces firmes et les obliger à tenir compte des externalités qu'elles causent. Si, par exemple (figure 1.1), le gouvernement décidait de réglementer à l'aide d'une taxe, (nous verrons plus tard quelles sont les alternatives à la taxation), le montant de cette taxe devra être égal au dommage marginal causé par la production, c'est-à-dire la différence entre le coût marginal social et le coût marginal privé.

La firme a deux alternatives: si elle n'augmente pas son prix (demeure à P), elle réduira sa production à Q_0 ; si elle ne veut pas diminuer sa production, alors elle devra augmenter son prix à $P + t$ où t représente le C_m du dommage causé par la production.

³

K.Anderson, R. Blackhurst, The Greening of World Trade Issues. Univ. of Michigan Press, 1992

FIGURE 1.1



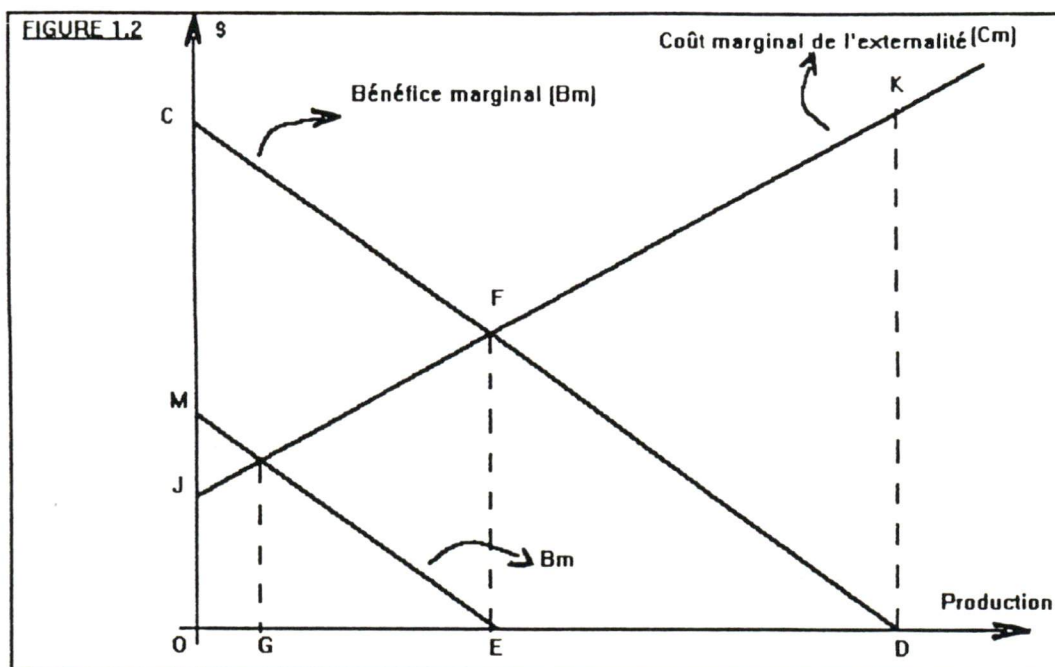
Un élément ressort de cette analyse : *en déterminant le titulaire des droits de propriété, on peut internaliser les coûts de production.*

Pourquoi alors n'assigne-t-on pas des droits de propriété sur ces ressources? Essentiellement parce que l'environnement est un **"bien public pur"**. Un bien public pur est défini par deux caractéristiques : la non-exclusion et la non-rivalité de ce bien. Par non-exclusion, on entend qu'il est pratiquement impossible d'exclure quelqu'un de l'usage de ce bien. Par non-rivalité, on entend que l'usage de ce bien n'épuise pas les quantités disponibles et donc, n'empêche aucunement quelqu'un d'autre d'en faire le même usage. On ne pourrait pas assigner de droits de propriété à un bien public pur, car le contrôle de l'usage de ce bien est impossible sans engendrer des coûts considérables.

Le théorème de Coase, qui traite des droits de propriété, prétend qu'il n'est pas toujours nécessaire d'assigner des droits de propriété car peu importe qui les possèdera et peu importe la façon dont ils seront répartis, s'il y a peu d'émetteurs et peu de receveurs d'une externalité, il serait possible de négocier, à coûts minimes, une entente socialement optimale.

Pour bien comprendre le sens que l'on doit donner au théorème de Coase dans notre analyse, servons-nous d'un exemple. Imaginons une firme qui produit un bien. La production est la cause d'une externalité négative à la population de son voisinage. Le problème tient au fait que personne n'est propriétaire de l'air ambiant et que la firme use de cet air aux dépens de la population. Il faudrait ou bien que la firme réduise sa production et ainsi sa pollution, ou encore qu'elle investisse pour provoquer un changement technologique; ou bien que les voisins de la firme endurent cette pollution; ou bien que l'on parvienne à une entente socialement acceptable pour tous. De toute évidence, il s'agit de déterminer qui assumera les coûts de la pollution car l'objectif est d'internaliser les coûts de l'usage de l'air pour trouver la solution optimale.

La figure 1.2 démontre que sans incitatif, la firme produira jusqu'à ce que son bénéfice marginal soit nul (i.e. OD). Selon cette solution, le bien-être social sera sous optimal car le coût marginal de l'externalité dépassera le bénéfice marginal dont profitera la firme. En effet, la solution optimale pour la société est donnée au point F, là où le coût marginal de l'externalité est égale au bénéfice marginal que récolte la firme.



Pour atteindre cet optimum, les deux parties ont deux options. Premièrement, elles pourraient négocier une entente où il n'y aurait plus de gains potentiels à tirer de l'échange. Dans ce cas en effet, elles auront atteint un optimum de Pareto lorsque la production de la firme lui générera un bien-être maximal tout en ne causant aucune réduction de bien-être à la population ($C_m = B_m$). Deuxièmement, le gouvernement pourrait imposer une réglementation de façon à réduire la droite de bénéfice marginal de la firme de CD à ME.

1^{er} Scénario

Si les deux parties préfèrent négocier une entente, ces négociations pourraient commencer du point D ou du point J dépendamment de qui se voit allouer les droits de propriété au départ. Si c'est le pollué, on part du point J, si c'est le pollueur, on part du point D. Mais peu importe le point de départ, l'optimalité sera atteinte au point F et la quantité de pollution permise par la loi sera de OE. Par contre le fardeau de l'un et de l'autre dépend directement de l'allocation initiale des droits de propriété.

Lorsque les droits de propriété sur l'environnement reviennent à la population, la firme qui désire user de ces ressources, doit négocier le niveau de production/pollution que les propriétaires trouvent acceptable. Le niveau acceptable, c'est-à-dire optimal, sera atteint quand $C_m = B_m$. À ce

moment la firme aura bénéficié d'un montant de OCFE et la population aura subi des dommages (externalités) de l'ordre OJFE. Le montant compensatoire que la firme devra payer aux propriétaires, suite à la négociation, se situerait entre OJFE et OCFE, la différence de ces deux montants étant égale au gain de bien-être social. ■

2^e Scénario

Par contre, si la firme se voit octroyer les droits de propriété sur l'environnement, alors il reviendra à la population à assumer le fardeau fiscal des négociations en offrant un montant compensatoire pour inciter la firme à réduire sa production sans diminuer son bien-être. On atteindrait dans cette éventualité le niveau optimal de réduction de la production/pollution au point F. À ce moment, la diminution des dommages dus aux externalités sera de EFKD et elle aura coûté à la firme un montant de EFD. La compensation que la population devra lui accorder se situera entre EFD et EFKD, le triangle EFD représentant le gain de bien-être social dû aux négociations. ■

Il arrive souvent que les parties en cause ne soient pas en moyen d'arriver eux-mêmes à une solution acceptable pour tous. Pour dépasser cette impasse, le gouvernement devra intervenir et statuer sur deux points. D'abord, il se doit de faire l'allocation initiale des droits de propriété sur les ressources en question ; ensuite il doit imposer l'instrument de réglementation qui dictera le comportement de la firme et de la population.

L'incidence de l'allocation des droits de propriété est déterminante car celle-ci décidera si le gouvernement imposera une nouvelle taxe à la firme ou s'il subventionnera cette dernière à même les revenus récoltés par une taxe à la population. Encore là, peu importe l'allocation initiale, le but du gouvernement sera de faire baisser la droite de bénéfice marginal de CD à ME. De cette façon, quand la firme décidera de produire jusqu'à ce que son bénéfice marginal soit nul, la quantité de production/pollution demeurera optimale (OE).

Si la population s'est vue octroyer les droits de propriété, alors le gouvernement taxera la firme d'un montant de FE. La taxe sera égale au coût social marginal d'une unité de production de la firme. Si la firme se voit octroyer les droits de propriété, alors le gouvernement taxera la

population et subventionnera la réduction du niveau de production/pollution. Le montant de la subvention sera de FE^4 .

Nous venons de voir qu'il était possible d'atteindre un niveau de production/pollution (OE) qui génère un bien-être social optimal, soit par la voie d'une négociation, soit par décret gouvernemental. Une seule mise en garde est cependant de rigueur: il faut faire attention de ne pas combiner les deux options, car ceci provoquerait une solution sous-optimale⁵.

Le principe sous-jacent au théorème de Coase est donc très simple s'il n'y a que deux agents impliqués, si l'on peut facilement identifier la nature et la quantité de la pollution et si l'on peut quantifier les coûts de compensation. Mais qu'en est-il des autres situations où les conditions ne sont pas idéales. C'est à ce moment que le gouvernement devra intervenir à l'aide des méthodes "Ordre et Contrôle" ou encore avec des instruments de type "système de marché". Nous analyserons ces deux alternatives dans le prochain chapitre.

CONCLUSION

On constate donc qu'il est possible d'ajuster le choix privé pour qu'il coïncide avec le choix social en incitant les agents économiques à tenir compte des coûts externes de leur production. Le gouvernement, en se dotant d'un instrument économique (taxation, permis échangeable,...) peut offrir la flexibilité nécessaire aux entreprises pour que ces dernières trouvent l'optimum social plus facilement et à moindre coûts.

⁴ Nous étudierons au chapitre 2 la symétrie existant entre la taxation et la subvention.

⁵ La taxation aura ramené la droite de Bm de CD à ME et la firme voudra produire, sans incitation, jusqu'à OE ($Bm=0$). Mais les négociations, permettant un compromis, réduiront encore la production jusqu'à OG.

CHAPITRE 2

LES INSTRUMENTS ÉCONOMIQUES DU CONTRÔLE DE L'ENVIRONNEMENT

2.1 ÉVENTAIL DES DIFFÉRENTES MÉTHODES ÉCONOMIQUES POUR RÉGLEMENTER LA POLLUTION

Il y a une vingtaine d'années, les gouvernements de certains pays, en majorité industrialisés, ont pris conscience de l'importance des changements écologiques de la planète et de leurs conséquences sur nos vies. À cette époque, ces gouvernements sous la tutelle de l'O.C.D.E. auraient manifesté l'intention d'appliquer des politiques environnementales. Aujourd'hui, pour combattre la pollution, ces pays ont à leur disposition un ensemble de méthodes de réglementations se divisant en deux catégories: les méthodes de type "**ordre et contrôle**"⁶ et les méthodes employant des instruments économiques. On appellera "**système de marché**"⁷, les méthodes employant de tels instruments.

Les méthodes de **O** et **C** sont caractérisées par des quotas et des règlements qui agissent en limitant directement la quantité de pollution (plafonds) et le droit de polluer. Les instruments de type "**système de marché**" mettent en place un ensemble de contraintes économiques et laissent agir les forces du marché qui assureront à la fois une épuration des industries visées et une allocation optimale des ressources.

Dans les débuts de la lutte contre la pollution, les programmes de protection de l'environnement étaient axés sur les méthodes de **O** et **C**. Essentiellement, ces méthodes *prescrivent* un comportement aux pollueurs et exigent qu'ils limitent certaines activités. << Le gouvernement fédéral, par exemple, fixe des normes d'émissions pour les automobiles. Les règlements déterminent les plafonds d'émissions pour les automobiles, calculés au gramme par kilomètres dans le cas des oxydes d'azote, d'hydrocarbures et du monoxyde de carbone.>>⁸

En obligeant tous les pollueurs d'une industrie à employer les mêmes moyens d'épuration

⁶ Command and Control.

⁷ Pricing system.

⁸ Plan vert du Canada; Les instruments économiques et la protection de l'environnement; Min. d'approvisionnement et Services Canada, p. 14.

et à avoir les mêmes quantités d'émissions, les méthodes de O et C ne tiennent pas compte de l'avantage comparatif de chaque firme, parce qu'elles ignorent les différences de coûts et les différents moyens (machinerie,...) d'épuration pouvant exister.

Ces méthodes sont donc moins efficaces mais, aussi, plus coûteuses pour le gouvernement. Afin de pouvoir légiférer des *normes de moyens* et des *normes de résultats* pour que l'allocation des ressources et la quantité de pollution soient optimales, le gouvernement doit d'abord recueillir les données de chaque industrie polluante et analyser l'impact sur l'environnement de leurs émissions, de leurs effluents et de leurs déchets solides, en plus d'étudier les différentes techniques antipollutions afin d'être en mesure de pronostiquer la bonne technique à chaque industrie. Ainsi, la demande en information du gouvernement devient importante et les efforts que ce dernier doit fournir pour la recueillir deviennent très coûteux en temps et en argent.

Il est vrai que les méthodes de O et C, avec leur grande austérité, peuvent sembler plus simples et plus directes (allant droit au but). Cependant, les entreprises possèdent déjà la majeure partie de l'information, il est donc plus facile, pour elles, de choisir la technique d'épuration la plus efficace et la moins coûteuse. Elles pourraient ainsi faire l'allocation la plus efficace de leurs ressources (matériaux, capitaux, matières premières,...). C'est là un argument de taille en faveur de l'implantation de méthodes employant des instruments de type "**système de marché**". En effet, ces instruments économiques, se servant des forces du marché pour intégrer les considérations environnementales dans le processus décisionnel, semblent offrir de grands avantages comme une plus grande efficacité/coût, des résultats plus rapides et une réduction des frais administratifs de l'État.

En fait, l'objectif des instruments économiques est de fixer un prix à payer pour l'utilisation des ressources naturelles. Comme on l'a vu au chapitre précédent, s'il était possible d'évaluer les coûts en valeur monétaire de chaque ressource, il serait alors préférable de taxer les usagers d'un montant égal au coût marginal de l'utilisation des ressources. On atteindrait ainsi le niveau optimal de production/pollution. Seulement, cette approche semble plutôt utopique étant donnée la difficulté d'obtenir un véritable consensus sur la valeur des ressources naturelles qu'accordent les organismes écologiques, gouvernementaux et industriels. Ce consensus n'est pas nécessaire pour que les instruments économiques nous permettent d'atteindre les objectifs écologiques au moindre coût

social. En effet, ils parviennent à internaliser, chacun à leur manière, les coûts économiques de la pollution.

Le choix de la méthode de réglementation repose donc sur la capacité du gouvernement à estimer une solution optimale qui soit raisonnable afin qu'il puisse appliquer efficacement la méthode de O et C. Cependant, il est rare que le gouvernement puisse prétendre agir avec une telle lucidité. Considérons, que même pour les entreprises privées, qui en général ont accès plus facilement à l'information, il est difficile de faire une bonne estimation de leurs propres fonctions de coûts et de bénéfices, on réalise donc que la tâche devient importante pour le gouvernement qui doit envisager plusieurs scénarios avec plusieurs agents économiques. Ce manque d'information pertinente et fiable est souvent la raison qui nous obligerait désormais à favoriser les méthodes employant des instruments de type **"système de marché"**.

2.2 LES INSTRUMENTS DE TYPE "SYSTÈME DE MARCHÉ"

Comme on l'a vu dans le chapitre précédent, toute la problématique des externalités vient du fait que les ressources naturelles sont des biens publics purs et que leur valeur réelle est difficilement quantifiable. L'objectif des instruments économiques serait d'estimer un coût social pour l'utilisation de ces biens publics et de l'inclure dans les coûts de production et éventuellement dans le prix à la consommation. Avant de passer au chapitre 3 à l'étude de l'efficacité des permis échangeables en marché de concurrence imparfaite, attardons-nous à une analyse des avantages et des défauts de trois de ces instruments de type **"système de marché"**.

Deux instruments, la taxation et les permis échangeables, nous permettent d'atteindre le niveau optimal de production/pollution, au moindre coût social car, contrairement aux méthodes O et C, ceux-ci offrent toute la flexibilité nécessaire aux entreprises pour faire une gestion plus efficace de l'achat des matières premières et de l'épuration de leurs résidus. Il existe une dualité entre la méthode

de taxation et un système de permis échangeables; la première affectant le prix des biens jusqu'à ce que la demande corresponde au niveau de pollution désirée et déterminée par le gouvernement, la seconde fixant, dès le départ, la quantité de pollution permise, laisse au marché le soin d'ajuster le prix des permis échangeables.

Cette section dénombrera les points forts et faibles qui caractérisent la taxation et les permis échangeables. L'attention particulière que l'on peut accorder à l'une ou à l'autre de ces méthodes est acquise grâce à l'efficacité économique qui démarque ces deux instruments des autres instruments de type "système de marché", mais aussi qui les démarque de toutes les autres méthodes économiques de gestion de la pollution.

On a réservé quelques pages de cette section pour souligner l'effet de la gestion de la pollution à l'aide de subventions gouvernementales. Cette brève partie du travail voudra surtout mettre en relief les fortes similitudes entre la méthode de taxation et la méthode de subvention.

2.2.1 LA TAXATION

La taxation comme instrument économique pour limiter la pollution peut être conçue de deux manières. Une façon viserait directement les consommateurs en s'attaquant à la surconsommation, l'autre façon visant le contrôle des émissions, des effluents et des déchets solides toucherait d'abord la pollution industrielle.

Taxe à la consommation

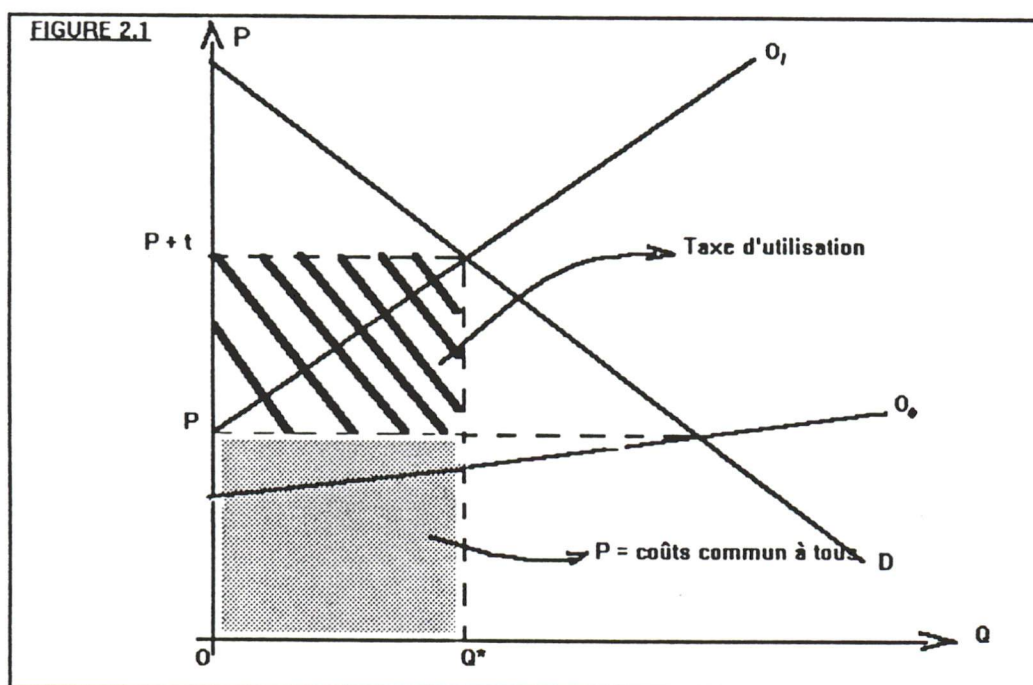
Si, dans un premier temps, l'objectif du gouvernement est de favoriser un rapprochement entre le coût réel marginal de la production du bien ou du service et le prix payé par le consommateur, il peut appliquer, visant le consommateur, soit une taxe sur les produits finis, soit une taxe d'utilisation. La taxe sur les produits finis est plus appropriée quand on cherche à sensibiliser les consommateurs au problème de l'environnement. En augmentant le prix payé par les consommateurs, on leur envoie un signal: on fait payer les usages de biens polluants et on permet au gouvernement d'avoir un revenu

pouvant subventionner l'effort environnemental. Ce signal, via l'augmentation du prix qui freinera la demande, sera peut-être suffisant pour modifier les habitudes de consommation.

La taxe d'utilisation s'applique davantage aux biens et services d'ordre collectifs. À l'heure actuelle, la gestion de certains services collectifs est souvent déficitaire comme, par exemple, la gestion des déchets solides résidentiels et la gestion de l'eau fournie par les municipalités.

Ce que paient les consommateurs ne couvre pas le coût total de la gestion de ces services et, en général, ces services sont offerts par les municipalités qui ne font payer les usagers que par l'entremise d'un montant forfaitaire à l'intérieur du cadre des taxes municipales. Cette façon de procéder encourage l'excès de consommation et l'abus des services.

La figure 2.1 illustre comment une méthode de taxation employée pour éliminer cette surconsommation divise les frais en deux parties: *le prix et la taxe d'utilisation*. Le prix est un montant fixe qui couvre les coûts communs à tous les membres de la communauté, tandis que la taxe d'utilisation portant sur chaque unité consommée établit le rapprochement désiré entre le prix brut et les coûts totaux. Les coûts totaux, comme on l'a vu au chapitre 1, englobent les coûts internes et externes, et donc tiennent compte des facteurs environnementaux.



La figure 2.1 illustre aussi la différence d'efficacité entre les méthodes économiques actuelles et une méthode employant une taxe d'utilisation. La réglementation actuelle qui prévoit un offre O_0 , encourage la surconsommation, car une variation des quantités utilisées ne permet qu'une très petite et non-proportionnelle variation du prix ($\Delta Q < \Delta P$). En effet, la pente de la courbe d'offre O_0 , du bien ou du service, est presque nulle. Il ne suffira donc pas de seulement déplacer la courbe d'offre vers le haut (hausse du prix), mais il faudra aussi changer sa pente de façon à avoir, en tout temps, un prix proportionnel à la quantité offerte ($\text{Prix} = Cm$).

Taxes sur les intrants/extrants ou production

Si, par contre, l'objectif du gouvernement est de limiter les émissions, les effluents et les déchets industriels, alors une taxe unitaire sur les intrants que chaque firme emploie ou sur les résidus qu'elle produit, serait préférable. Les firmes seront incitées à modifier, soit leurs matériaux (inputs), soit leur procédé de fabrication, soit leur quantité de résidus de façon à tenir compte des coûts sociaux de leur production. Le grand avantage d'une telle taxe, c'est qu'elle permet à chaque firme de choisir quelle étape du processus de fabrication elle voudra modifier et les moyens qu'elle emploierait pour le nettoyage de son environnement.

Avantages de la taxation

En plus d'offrir une grande flexibilité dans le choix des méthodes d'épuration, la taxation permet d'accroître le bien-être social. D'abord, le coût d'opportunité pour l'allocation des investissements d'ordre environnementaux est moindre, car la taxation encourage ceux qui peuvent plus facilement réduire leur pollution à le faire. Avec une taxe, la firme dont les coûts d'épuration sont les moins élevés, devrait être encouragée à réduire davantage sa pollution. On peut donc dire que la taxation profite de l'avantage comparatif de chaque firme pour arriver à son objectif au moindre coût social.

Aussi, la taxation encourage les firmes à fournir le maximum d'effort, car plus elles réduisent leur pollution, moins elles paient de taxes. L'incitatif économique est donc directement lié à la source de pollution.

En plus de lui générer une source de revenu, ce qui est un attrait politique considérable, un système de taxation minimise le besoin d'intervention du gouvernement. Une fois le niveau de taxation établi, le gouvernement n'a plus à se mêler des décisions d'investissements et de production des firmes, et ses coûts d'opérations s'en trouveraient d'autant réduits.

Inconvénients

Par contre, la difficulté de calculer avec précision le taux optimal de taxation et le manque de flexibilité de ce taux comptent parmi les principales défaillances dans la conception d'un système de taxation. En effet, il est difficile pour le gouvernement de calculer le taux optimal de taxation, essentiellement parce qu'il lui est impossible de connaître exactement la réaction des pollueurs face à une nouvelle taxe. Si le taux de taxation est fixé trop bas, le niveau d'épuration désiré ne sera pas atteint et le taux devra être révisé pour atteindre l'optimum. Par contre, si le taux est trop élevé, il amputera l'activité économique. On pourra s'attendre à une perte de revenu pour le gouvernement, une perte de profits pour les producteurs et un bien-être social moindre. Un procédé itératif par essais et erreurs pour fixer le taux de taxation sera donc très coûteux pour l'économie. Il est également difficile de calculer le taux approprié, parce qu'il n'y a pas de consensus entre les différents agents économiques (industries, gouvernement, écologistes, population...) sur la valeur des ressources naturelles.

Il pourrait également être délicat pour un gouvernement de différencier la pollution selon les points d'émissions et de fixer un taux en conséquence; deux éléments qui sont pourtant nécessaires pour un contrôle adéquat de tous les pollueurs à l'échelle d'une région. Si, par exemple, les effluents de l'usine A affectaient 500 000 citoyens, son coût social ne sera pas identique à celui de l'usine B où les effluents n'affectent que 10 000 citoyens et ce, même si ce sont les mêmes effluents. Une discrimination de la localité d'une usine serait difficilement acceptable pour le secteur industriel.

Dernière critique : le système de taxation réduirait la marge de profit des firmes polluantes, les affectant d'un fardeau fiscal incontournable. Même si elles pouvaient transférer aux consommateurs les coûts supplémentaires dus aux hausses de taxes, augmentant ainsi le prix à la consommation et diminuant la demande, leur marge de profit serait tout de même réduite.

Malgré tout, si le gouvernement venait qu'à appliquer l'une ou l'autre de ces taxes, le consommateur "vert", soucieux de préserver l'environnement et de réduire la pollution, pourrait gagner à réduire sa consommation du bien et/ou du service. Le prix refléterait la valeur réelle de l'utilisation qu'on a faite des ressources naturelles, ou encore, refléterait le coût réel de l'épuration des déchets de manière à obliger la communauté (consommateurs et producteurs) à faire face à ses responsabilités éco-civiques.

2.2.2 *LES SUBVENTIONS*

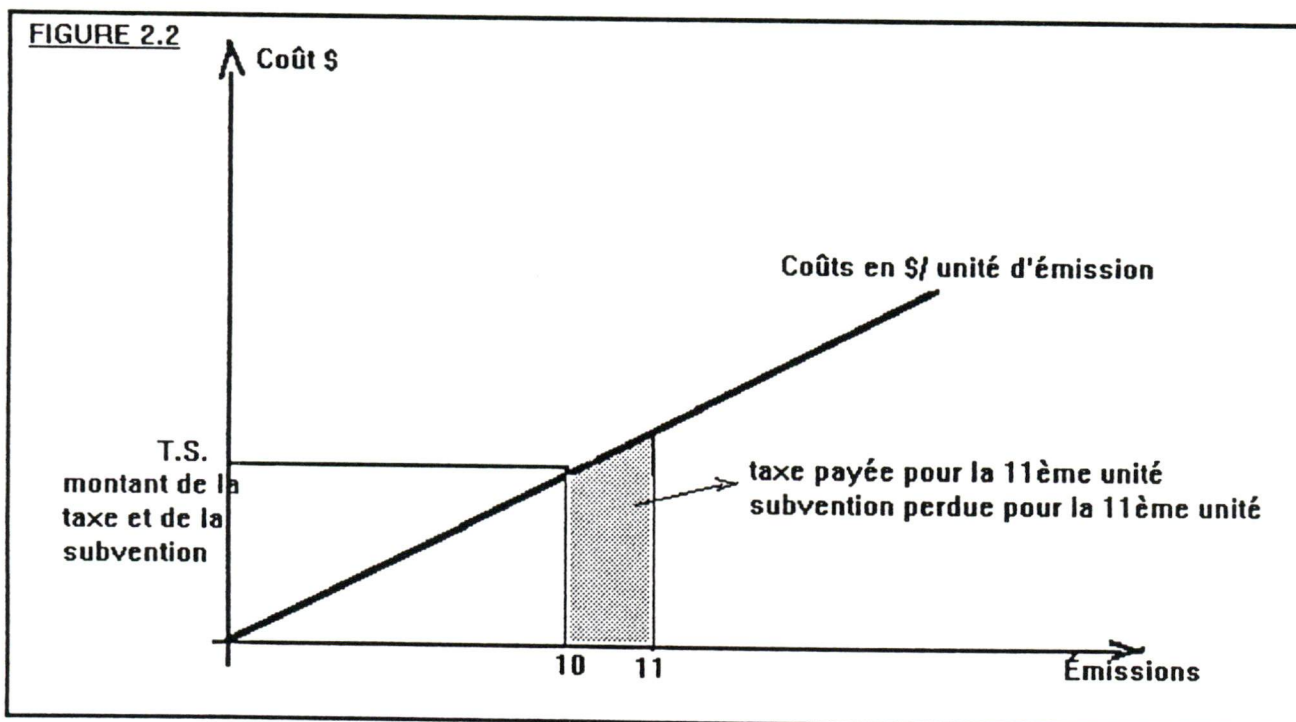
Suite à l'analyse des avantages et des désavantages d'un système de taxation, et avant d'entreprendre l'étude des permis échangeables, il serait important de souligner qu'il existe une symétrie entre une politique de taxation et une politique de subvention. En effet, toutes deux provoquent sensiblement les mêmes réactions du marché. Toutefois, l'impact initial de la politique ne se fera pas sentir par le même agent économique. Si les droits de propriété d'une ressource naturelle quelconque revenait à la population, alors on devrait employer une politique de taxation sur les émissions, les effluents ou les déchets solides des industries polluantes de façon à transférer un montant compensatoire de l'utilisateur au propriétaire de la ressource. Si les droits de propriété revenaient aux entreprises exploitant cette ressource, alors on devrait employer une politique de subventions des activités de ces entreprises. Chose certaine, l'incitatif économique à l'épuration devrait profiter au détenteur des droits de propriété.

On peut donc décrire les politiques de taxation et de subventions comme étant deux extrémités d'un même instrument économique. Plutôt que de taxer chaque unité d'émissions polluantes, le gouvernement peut décider d'octroyer une subvention pour chaque unité de réduction

des émissions. Pour la firme qui refuse ou ne peut pas réduire ses émissions polluantes, la perte de revenus est égale à la perte unitaire de subvention. Le coût occasionné par la pollution sera donc identique si la taxe unitaire était égale au montant de subvention unitaire.

La figure 2.2 illustre bien la symétrie existant entre les politiques de taxation et de subventions. Chaque fois qu'une firme augmente son niveau de pollution, les taxes augmentent. Pour la 10^{ème} unité de pollution, par exemple, le coût est égal à un montant de T.S.\$.

Chaque fois qu'elle ne réduit pas son niveau de pollution d'une unité supplémentaire, elle perd un montant de subvention. Pour ne pas avoir réduit sa pollution de la 11^{ème} à la 10^{ème} unité, par exemple, elle perd un montant T.S.\$ de subvention. C'est le coût en dollars de la pollution qu'elle n'a pas encore éliminé. Sous ces deux régimes, les pertes nettes en dollars sont les mêmes pour chaque niveau de pollution et l'encouragement au maximum d'effort pour l'épuration du procédé de fabrication est constamment présent.



Bien que les résultats soient identiques à l'aide d'une politique de taxation et une politique de subventions, plusieurs auteurs rejettent l'usage de subventions ne les considérant pas comme étant une solution possible au problème de la pollution environnementale.

C'est ainsi que Baumol, Oates (1988); Kamien, Schwartz et Dolbear(1988) s'objectent parce qu'ils prétendent que les subventions encouragent l'entrée excessive de firmes polluantes dans une industrie. Avec l'hypothèse que les entrées et les sorties de firmes sont ouvertes, c'est-à-dire que les subventions sont offertes à toutes les firmes qui entrent et cessent quand les firmes sortent de l'industrie, il est fort probable que le nombre d'entreprises polluantes reste élevé. En effet, certaines entreprises faibles pourraient être épargnées de la faillite et d'autres nouvelles entreprises pourraient s'ajouter à l'industrie qui semblerait offrir le potentiel de bons gains. De cette manière, bien que le niveau de pollution par entreprise ait diminué, le niveau global de pollution pourrait accroître.

J. Pezzey⁹(1992) argumente que les droits de propriété pourraient être accordés initialement et les subventions limitées aux détenteurs de ces droits. Quant aux firmes qui entreraient, elles seraient obligées d'acquérir les droits nécessaires avant de débiter leur production. Ces entrées et sorties d'une industrie sont de type fermées et rendraient une politique de subventions plus efficace.

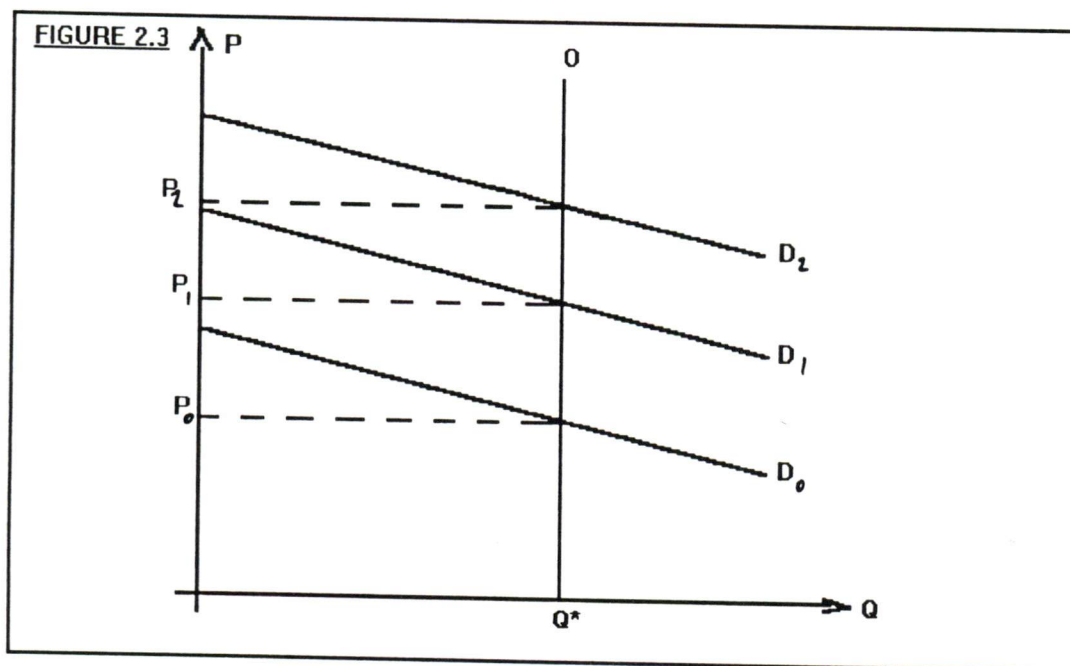
Il existe aussi une réticence d'ordre administrative, celle qui ne peut pas concevoir que la politique de subventions soit perpétuelle. Lorsqu'une politique est adoptée par le gouvernement, bien qu'elle soit réputée avoir une durée de vie indéfinie, le besoin de renouveler ses politiques régulièrement permettrait au gouvernement d'espérer ne pas avoir à payer indéfiniment une subvention. Aussi, si les droits de propriété sont distribués initialement, le gouvernement et la firme subventionnée n'auraient qu'à négocier une somme forfaitaire pour racheter ces droits, mettant ainsi un terme à l'usage de la ressource naturelle et aux paiements d'une subvention.

⁹ J. Pezzey; The Symmetry Between Controlling Pollution by Price and Controlling it by Quantity; Canadian Journal of Economics (nov. 1992) XXV no. 4, p. 988.

2.2.3 LES PERMIS ÉCHANGEABLES

Un système de permis échangeables est un instrument économique où la capacité d'absorption d'un environnement est divisée en permis accordant le droit à son détenteur de déverser ses résidus. La quantité de permis est égale au nombre de pollueurs de l'environnement donné, et les détenteurs ne peuvent déverser plus de résidus que ne leurs donnent droit leurs permis. Lorsque la quantité de déversements diminue, la partie inutilisée du permis peut être vendue aux autres pollueurs du système.

Tout comme la taxation, le système de permis échangeables nous amènerait au niveau visé d'épuration de la pollution au plus petit coût social car les entreprises ayant à subir la réglementation bénéficieraient aussi du privilège de choisir le moyen qui leur conviendrait le mieux pour réduire leur pollution. Plutôt que d'augmenter le prix pour l'utilisation des ressources, jusqu'à ce que la demande corresponde à la quantité de production/pollution désirée, le gouvernement fixerait directement la quantité de pollution permise et le prix des permis s'ajusterait grâce aux lois du marché.



Pour atteindre ces objectifs environnementaux de façon efficace, le gouvernement se doit de différencier la pollution selon les points d'émission, le type de polluant, l'interaction des polluants entre eux,... Un système de taxation s'y prête difficilement tandis que le système de permis

échangeables à l'avantage d'offrir la flexibilité nécessaire au gouvernement pour pouvoir modifier les zones d'échanges d'un polluant et de modifier le prix des permis dans chaque zone pour tenir compte des disparités environnementales (située près d'une ville ou non, type de polluant,...).

Le système de permis éliminerait aussi les principaux défauts de la taxation, c'est-à-dire, la perte d'efficacité de la taxe causée par l'inflation ou encore une croissance de l'activité économique, ou encore par une croissance de la population. En effet, en période inflationniste, le prix des permis augmenterait comme le prix de tous les autres biens et services, l'effet bénéfique du système n'en serait donc pas dilué. En période de croissance de l'activité économique et/ou de la population, le niveau de pollution serait gardé constant car le seul moyen que la pollution accroisse avec un système de permis serait d'accroître le nombre de permis.

Il existe trois types de système de permis échangeables :

- **Le système ambiant de permis :(A.P.S. Ambient Permit System)**

La pollution est contrôlée à plusieurs points, dit de "réception", et le gouvernement détermine la quantité acceptable à chacun de ces points. Ensuite, il distribue les permis et les entreprises polluantes doivent s'approprier un portefeuille de permis afin d'avoir le droit de polluer à chaque point de réception où leurs émissions polluent. Donc, chaque point de réception crée un marché de permis. Ce système, simple à appliquer pour le gouvernement, permettrait de tenir compte des disparités (type de polluants, proximité d'une population,...) pouvant exister entre chaque point de réception. Par contre, les entreprises éprouveraient plus de difficultés car elles seraient obligées de jouer sur plusieurs marchés à la fois.

- **Le système de permis basé sur les émissions : (E.P.S. Emissions Permit System)**

La pollution est contrôlée aux points d'émissions. On crée plusieurs zones où on limite la pollution, et où chaque émetteur du polluant doit s'approprier les permis nécessaires pour opérer dans sa zone. L'émetteur peut échanger ses permis avec ses voisins de zone pour une valeur de 1 pour 1. L'application de ce système simplifie la tâche des entreprises qui n'ont plus qu'à jouer sur un seul marché. Par contre, l'échange de 1 pour 1 ignore le coefficient de concentration de la pollution de chaque entreprise à l'intérieur d'une même zone. À cause de ce problème, le niveau d'efficacité maximale de contrôle de la pollution ne peut être atteint avec E.P.S.

- **Le système combinatoire de permis : (P.O.S. Pollution Offset System)**

On émet les permis aux points d'émissions de la pollution, mais on ajoute au système E.P.S. la contrainte de respect des coefficients de concentration de pollution pour les échanges. C'est-à-dire, l'échange de permis inter ou intra zone doit respecter le niveau de pollution alloué à chaque point de réception. Les points de réception ne servent plus que de point de surveillance. La valeur d'achat/vente des permis n'est plus nécessairement de 1 pour 1. De cette façon, on peut atteindre le niveau maximal d'efficacité pour le contrôle de la pollution, et ce, indépendamment de la répartition initiale des permis. Des trois systèmes mentionnés, c'est le P.O.S. qui domine étant données sa plus grande flexibilité, la simplicité de son application et surtout sa grande équitabilité dans le contrôle de la pollution.

CONCLUSION

Cette section portant sur les permis échangeables n'avait pour but que de situer le système de permis parmi l'éventail des instruments économiques. Elle voulait aussi faire valoir les différences de cet instrument vis-à-vis la méthode de taxation. Une analyse plus exhaustive de la conception du modèle de permis échangeables suivra dans le chapitre 3.

CHAPITRE 3
MODÉLISATION DES SYSTÈMES DE PERMIS ÉCHANGEABLES

INTRODUCTION

Suite à la revue de la littérature, on constate que la réglementation environnementale actuelle engendre un haut taux de non-conformité. Cette réglementation, du type Ordre et Contrôle (Command and control), ne semblerait pas offrir un incitatif économique suffisant pour changer le comportement des pollueurs. Il s'agirait donc de trouver le moyen d'inciter les entreprises et le gouvernement à appliquer intégralement des politiques environnementales sans, par la suite, fléchir les normes établies.

Les systèmes de permis échangeables permettent d'atteindre l'allocation optimale des ressources au moindre coût social, la preuve ayant été faite de façon exhaustive par plusieurs auteurs (Baumol, Oates (1988); Tietenberg (1990),...), mais les entreprises et le gouvernement semblent encore réticents à adopter un tel système. Il serait intéressant de faire des permis un outil plus attrayant en permettant aux entreprises de développer des stratégies de marché, tout en permettant au gouvernement d'atteindre ses objectifs environnementaux.

Pezzey (1993)¹⁰, dit qu'aujourd'hui "*...les instruments efficaces et acceptables sont rejetés par le gouvernement; des instruments efficaces mais inacceptables sont proposés, et des instruments inefficaces et acceptables sont appliqués.*" Cette citation interprète bien les subtilités rattachées à l'application d'une politique environnementale.

Bien que plusieurs études aient démontré qu'un système de permis échangeables permet d'atteindre efficacement (au moindre coût social) les objectifs environnementaux dans un marché de concurrence parfaite, on ne peut en dire autant des marchés de concurrence imparfaite. Ce mémoire voudrait démontrer que le système "traditionnel" de permis échangeables aurait une efficacité affectée par la situation de concurrence imparfaite mais qu'il est possible d'y remédier à l'aide d'un "**système permis échangeables avec possibilité de revente au gouvernement**". Les raisons sont bien simples et elles sont inspirées de l'intuition suivante. Une firme qui serait en position de revendre certains de ces permis de pollution inutilisés, ne serait pas enclin à les vendre sur un marché composé de ces compétiteurs, car si elle agissait de la sorte elle leur permettrait aussi d'accroître leur production. Sa meilleure stratégie serait donc de conserver ses permis inutilisés nuisant ainsi à l'efficacité des échanges sur le marché des permis de pollution.

¹⁰

J.Pezzey; "The Symmetry Between Controlling Pollution by Price and Controlling it by Quantity" ; Canadian Journal of Economics XXVI no.2, mai 1993, p.355-365.

Sartzetakis¹¹(1994) prétend que lorsqu'un des "membres du duopole peut influencer le marché des permis, l'allocation de l'effort de réduction de la pollution n'est plus efficace puisque l'entreprise en question décidera de détenir plus de permis qu'elle ne le ferait si elle ne possédait pas ce pouvoir." Tout ceci serait dans le but d'accroître les coûts de production de son compétiteur. Si son objectif est de nuire à son concurrent, elle pourrait faire plus que juste augmenter ses coûts de production. En se créant un surplus de permis grâce à une hausse du niveau technologique, la première firme se positionne avantageusement par rapport à la deuxième. En effet, ayant besoin d'un moins grand nombre de permis pour atteindre son niveau de production, elle ne voudra pas permettre à son compétiteur de la suivre. C'est ce qu'elle ferait en lui vendant ses permis inutilisés. Il est donc raisonnable de penser qu'en situation de duopole non seulement les transactions de permis seraient difficiles, mais il est fort possible que le système de permis n'ait pas l'efficacité attendue.

Pour constater ce phénomène, nous procéderons en trois étapes à partir des conditions de Kuhn-Tucker. D'abord, il faudra identifier les stratégies de chacune des firmes selon le niveau de production q_i et d'externalité e_i de ses compétiteurs; ensuite, nous mesurerons le profit de chaque firme pour chacune de ces stratégies, et enfin, il faudra déterminer la demande optimale de permis m_i^* en plus du niveau optimal d'investissement a_i^* de chaque firme. Tous ces calculs vont nous permettre de démontrer qu'en marché de concurrence imparfaite, le Π^{Monop} étant supérieur à la $\Sigma_i \Pi_i^{\text{OLIG}}$, le gouvernement qui créerait un système de permis échangeables sur un marché oligopolistique y verrait apparaître un monopoleur de permis. Hung et Richelle(1994)¹² ont démontré qu'effectivement il est possible de déterminer une allocation optimale de permis où $\Pi^M \geq \Sigma \Pi_i(y, a) \forall (y, a)$ telle que les normes d'émissions soient respectées. Ils ont trouvé qu'il existe une distribution de permis où

$$(y_i^N(m^*), a_i^N(m^*)) = (0, 0) \text{ et } (y_j^N(m^*), a_j^N(m^*)) = (y^M, a^M) \forall i \neq j$$

qui soit un équilibre de Nash. Ces résultats sont importants car nos calculs révéleront que bien qu'il y ait des échanges dans un marché de concurrence imparfaite, ces échanges sont à sens unique, c'est-à-dire vers le monopole des permis par une firme et une demande nulle de permis de l'autre. Les oligopoleurs préféreront négocier une entente qui verrait une des firmes (la firme avec le niveau technologique supérieur) devenir monopoleuse de permis et l'autre incité à céder ses permis et compensé par un montant qui serait supérieur au profit d'oligopole.

¹¹ E.S. Sartzetakis, "Permis d'Émission Négociables et Réglementation dans des Marchés de Concurrence Imparfaite", L'actualité économique, Vol.70 no.2, juin 1994.

¹² Hung N.M. et Y. Richelle, "The Choice of Externality Regulatory Instrument under Imperfect Competition", mimeo, Université Laval, 1994.

Ces deux démonstrations ne sont pas novatrices en soi, cependant le travail est nécessaire pour préparer la suite. Une fois ces mesures de $\Pi_i(a^*, m^*)$ prises sur le modèle "traditionnel" de permis échangeables, il faudra répéter les calculs sur le modèle de permis échangeables avec possibilité de revente au gouvernement, en ajustant les équations de départ pour y inclure un **prix plancher**.

Cette deuxième série de calculs nous permettra de mesurer le profit à l'optimum $\Pi_i(a^*, m^*)$, l'effet d'une variation du Π suite à une variation de la demande de permis ($d\Pi_i/dm_i$) sous le modèle avec vente de permis au gouvernement. Il nous sera aussi possible de comparer les résultats sous les deux modèles pour en tirer des conclusions.

Nous espérons, de cette façon, démontrer qu'en imposant un prix plancher, le gouvernement s'assure de deux choses : que les échanges de permis ne seront pas nuls car les firmes pourront vendre leurs permis inutilisés sans crainte d'augmenter le potentiel de production de leurs compétiteurs et que le marché des permis ne verra plus l'émergence d'un monopoleur.

3.1 Modélisation du système "traditionnel" de permis échangeables

Notre jeu est composé de deux firmes. Ces deux firmes sont identiques, c'est-à-dire qu'elles ont les mêmes fonctions de production et que $C(a_i) = C(a_j)$. Si tel n'était pas le cas, nos résultats seraient les mêmes mais les stratégies de chacune des firmes seraient différentes. Chaque firme a une demande qui est fonction linéaire des quantités, le coût est une fonction linéaire de la technologie et les émissions de la firme i doivent être inférieures ou égales à la quantité de permis demandés. Les émissions sont directement proportionnelles à la quantité produite q_i et inversement proportionnelles à l'investissement technologique a_i .

$$\text{Soit : } P(q_1 + q_2) = \delta - \beta(q_1 + q_2)$$

$$c(a_i) = (1 + \gamma a_i) c$$

$$C(a_i, q_i) = c(a_i) q_i$$

$$e_i(q_i, a_i) = q_i/a_i + 1$$

$$\text{On veut maximiser } \Pi_i = [P(q_1 + q_2) - c(a_i)] q_i$$

$$\text{SA } e_1(a_1, q_1) \leq m_1$$

$$e_2(a_2, q_2) \leq m_2$$

où m_i : demande de permis

$$\Rightarrow \max_{q_1, q_2} Z = [P(q_1 + q_2) - c(a_i)] q_i + \lambda_1 [m_1 - e_1(a_1, q_1)] + \lambda_2 [m_2 - e_2(a_2, q_2)]$$

$$\Rightarrow \max_{q_1, q_2} Z = [\delta - \beta(q_1 + q_2) - c(a_i)] q_i + \lambda_1 [m_1 - q_1/a_1 + 1] + \lambda_2 [m_2 - q_2/a_2 + 1] \quad (1)$$

Conditions de Kuhn-Tucker :

$$\frac{dz}{dq_i} \leq 0 \quad q_i \geq 0, \quad q_i \frac{dz}{dq_i} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{dz}{d\lambda_i} \leq 0, \quad \lambda_i \geq 0 \quad \lambda_i \frac{dz}{d\lambda_i} = 0 \quad (3)$$

$$\Rightarrow \frac{dz}{dq_1} = [\delta - 2\beta q_1 - \beta q_2 - c(a_i) - \frac{\lambda_1}{a_1+1}] \leq 0 \quad (4)$$

$$\Rightarrow q_1 \geq (\delta - \beta q_2 - c(a_i) - \frac{\lambda_1}{a_1+1}) \frac{1}{2\beta} \quad (5)$$

$$q_1 \frac{dz}{dq_1} = 0 = q_1 [\delta - 2\beta q_1 - \beta q_2 - c(a_i) - \frac{\lambda_1}{a_1+1}] \quad (6)$$

$$\Rightarrow q_1 = 0 \text{ et/ou } q_1 = (\delta - \beta q_2 - c(a_i) - \frac{\lambda_1}{a_1+1}) \frac{1}{2\beta} \quad (7)$$

Aussi,

$$\frac{dz}{dq_2} = [\delta - \beta q_1 - 2\beta q_2 - c(a_i) - \frac{\lambda_2}{a_2+1}] \leq 0 \quad (8)$$

$$\Rightarrow q_2 \geq (\delta - \beta q_1 - c(a_i) - \frac{\lambda_2}{a_2+1}) \frac{1}{2\beta} \quad (9)$$

$$q_2 \frac{dz}{dq_2} = 0 = q_2 [\delta - \beta q_1 - 2\beta q_2 - c(a_i) - \frac{\lambda_2}{a_2+1}] \quad (10)$$

$$\Rightarrow q_2 = 0 \text{ et/ou } q_2 = (\delta - \beta q_1 - c(a_i) - \frac{\lambda_2}{a_2+1}) \frac{1}{2\beta} \quad (11)$$

Enfin,

$$\begin{aligned} \frac{dz}{d\lambda_1} = m_1 - \frac{q_1}{a_1+1} \geq 0 & \Rightarrow m_1 \geq \frac{q_1}{a_1+1} \\ & \Rightarrow q_1 \leq m_1(a_1+1) \end{aligned} \quad (12)$$

$$\lambda_1 \frac{dz}{d\lambda_1} = \lambda_1 \left[m_1 - \frac{q_1}{a_1+1} \right] = 0$$

$$\Rightarrow \lambda_1 = 0 \text{ et/ou } m_1 = \frac{q_1}{a_1+1} \Rightarrow q_1 = m_1(a_1+1) \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \text{et } \frac{dz}{d\lambda_2} = m_2 - \frac{q_2}{a_2+1} \geq 0 & \Rightarrow m_2 \geq \frac{q_2}{a_2+1} \\ & \Rightarrow q_2 \leq m_2(a_2+1) \end{aligned} \quad (14)$$

$$\lambda_2 \frac{dz}{d\lambda_2} = \lambda_2 \left[m_2 - \frac{q_2}{a_2+1} \right] = 0$$

$$\Rightarrow \lambda_2 = 0 \text{ et/ou } m_2 = \frac{q_2}{a_2+1} \Rightarrow q_2 = m_2(a_2+1) \quad (15)$$

■

Quatre scénarios sont donc possibles avec les deux contraintes λ_1 et λ_2

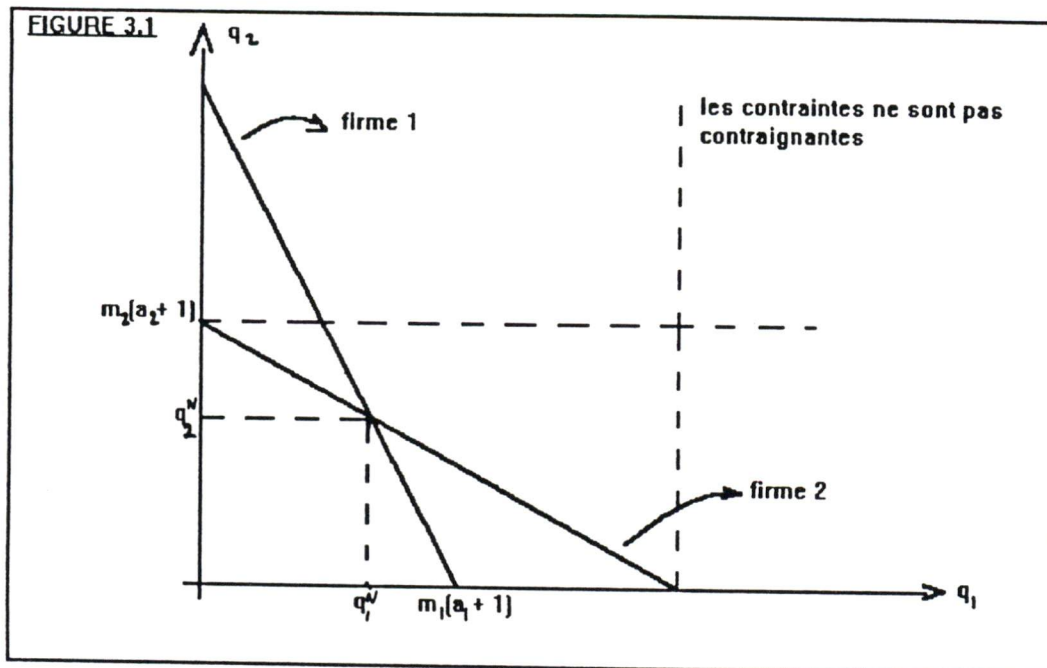
A)

$$\lambda_1 = 0 \text{ ssi } q_1 \leq m_1(a_1+1)$$

et

$$\lambda_2 = 0 \text{ ssi } q_2 \leq m_2(a_2+1)$$

équilibre de Cournot-Nash



$$\frac{dz}{dq_1} = \delta - 2\beta q_1 - \beta q_2 - c(a_1) = 0$$

$$\Rightarrow q_1 = (\delta - \beta q_2 - c(a_1)) \frac{1}{2\beta} \quad (16)$$

$$\frac{dz}{dq_2} = \delta - \beta q_1 - 2\beta q_2 - c(a_2) = 0$$

$$\Rightarrow q_2 = (\delta - \beta q_1 - c(a_2)) \frac{1}{2\beta} \quad (17)$$

(17) dans (16)

$$[\delta - \beta(\delta - \beta q_1 - c(a_2)) \frac{1}{2\beta} - c(a_1)] \frac{1}{2\beta} = q_1$$

$$\Rightarrow \delta - \frac{\delta}{2} + \frac{\beta q_1}{2} + \frac{c(a_2)}{2} - c(a_1) = 2\beta q_1$$

$$\Rightarrow \delta/2 + \frac{c(a_2)}{2} - c(a_1) = 2\beta q_1 - \frac{\beta q_1}{2}$$

$$\Rightarrow \delta/2 + \frac{c(a_2)}{2} - c(a_1) = \frac{3}{2} \beta q_1$$

$$\Rightarrow \delta = \frac{c(a_2) - 2c(a_1)}{3\beta} = q_1 = q_1^N \quad (18)$$

(18) dans (16)

$$\frac{\delta + c(a_2) - 2c(a_1)}{3\beta} = (\delta - 2\beta q_2 - c(a_1)) \frac{1}{2\beta}$$

$$2\delta + 2c(a_2) - 4c(a_1) = 3\delta - 6\beta q_2 - 3c(a_1)$$

$$3\beta q_2 = \delta + c(a_1) - 2c(a_2)$$

$$\Rightarrow q_2 = \frac{\delta + c(a_1) - 2c(a_2)}{3\beta} = q_2^N \quad (19)$$

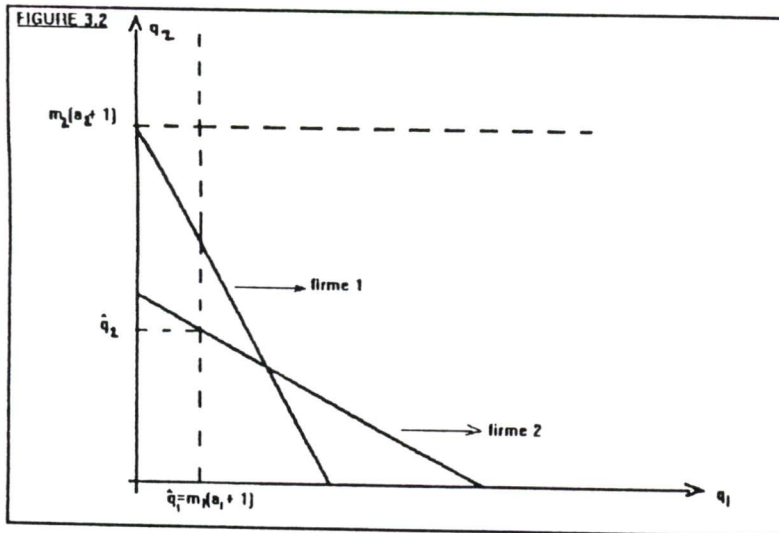
B)

$$\lambda_1 > 0 \text{ si } q_1 > m_1(a_1+1) = q_1 \quad (20)$$

et

$$\lambda_2 = 0 \text{ si } q_2 \leq m_2(a_2+1)$$

$$\text{où, d'après (17) et (20), } q_2 = (\delta - \beta(m_1(a_1+1)) - c(a_2)) \quad \frac{1}{2\beta} \quad (21)$$



la contrainte 1 est contraignante
mais la contrainte 2 ne l'est pas

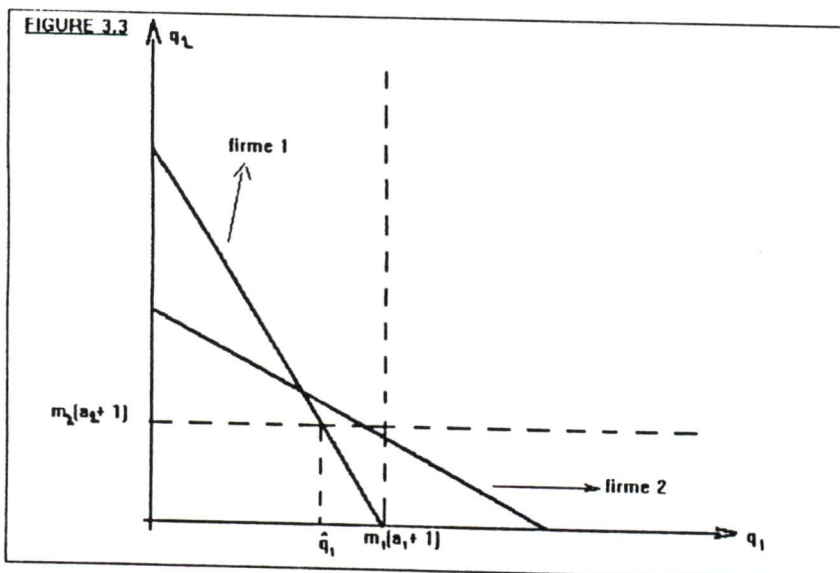
C)

$$\lambda_1 = 0 \quad \text{si } q_1 \leq m_1(a_1+1)$$

et

$$\lambda_2 > 0 \quad \text{si } q_2 > m_2(a_2+1) = q_2 \quad (22)$$

$$\text{où, d'après (16) et (22), } q_1 = [\delta - \beta(m_2(a_2+1)) - c(a_1)] \quad \frac{1}{2\beta} \quad (23)$$



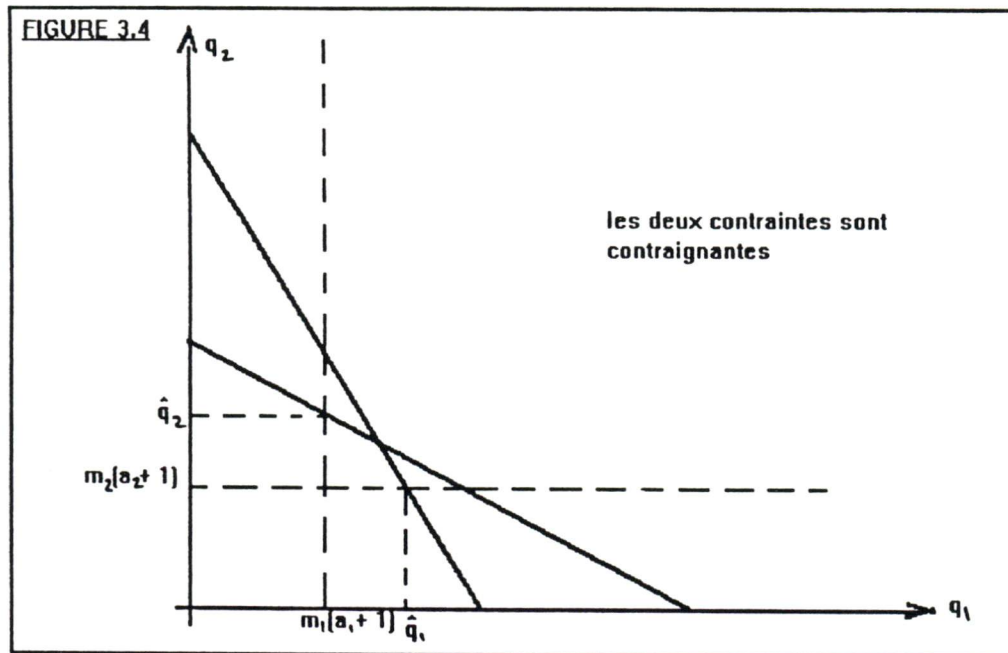
la contrainte 2 est contraignante
mais la contrainte 1 ne l'est pas

$$\lambda_1 > 0 \text{ si } q_1 = (\delta - c(a_1) - \beta m_2(a_2+1)) \frac{1}{2\beta} > m_1(a_1+1) \quad (24)$$

où q_1 est calculé en supposant $q_2 = q_2 = m_2(a_2+1)$
dans (16)

$$\lambda_2 > 0 \text{ si } q_2 = (\delta - c(a_2) - \beta m_1(a_1+1)) \frac{1}{2\beta} > m_2(a_2+1) \quad (25)$$

où q_2 est calculé en supposant $q_1 = q_1 = m_1(a_1+1)$
dans (17)



A présent, il suffit de déterminer e_1 et e_2 pour chaque situation :

Pour simplifier les calculs, posons $\gamma = 0 \Rightarrow c(a_i) = c$

On sait que $e_i = \frac{q_i}{a_i+1} \leq m_i$

1° si $q_1^N = m_1(a_1+1) = e_1$

et $q_2^N = m_2(a_2+1) = e_2$

$$\text{alors } q_1^N = \frac{\delta-c}{3\beta} = m_1(a_1+1) \Rightarrow e_1 = \frac{\delta-c}{3\beta} \quad (26)$$

$$\text{et } q_2^N = \frac{\delta-c}{3\beta} = m_2(a_2+1) \Rightarrow e_2 = \frac{\delta-c}{3\beta} \quad (27)$$

2° si $q_2 = m_2(a_2+1) = e_2$

$$\text{alors } q_1 = [\delta - c - \beta m_2(a_2+1)] \frac{1}{2\beta} = \frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta}$$

$$\Rightarrow e_1 = \frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta} \quad (28)$$

3° si $q_1 = m_1(a_1+1) = e_1$

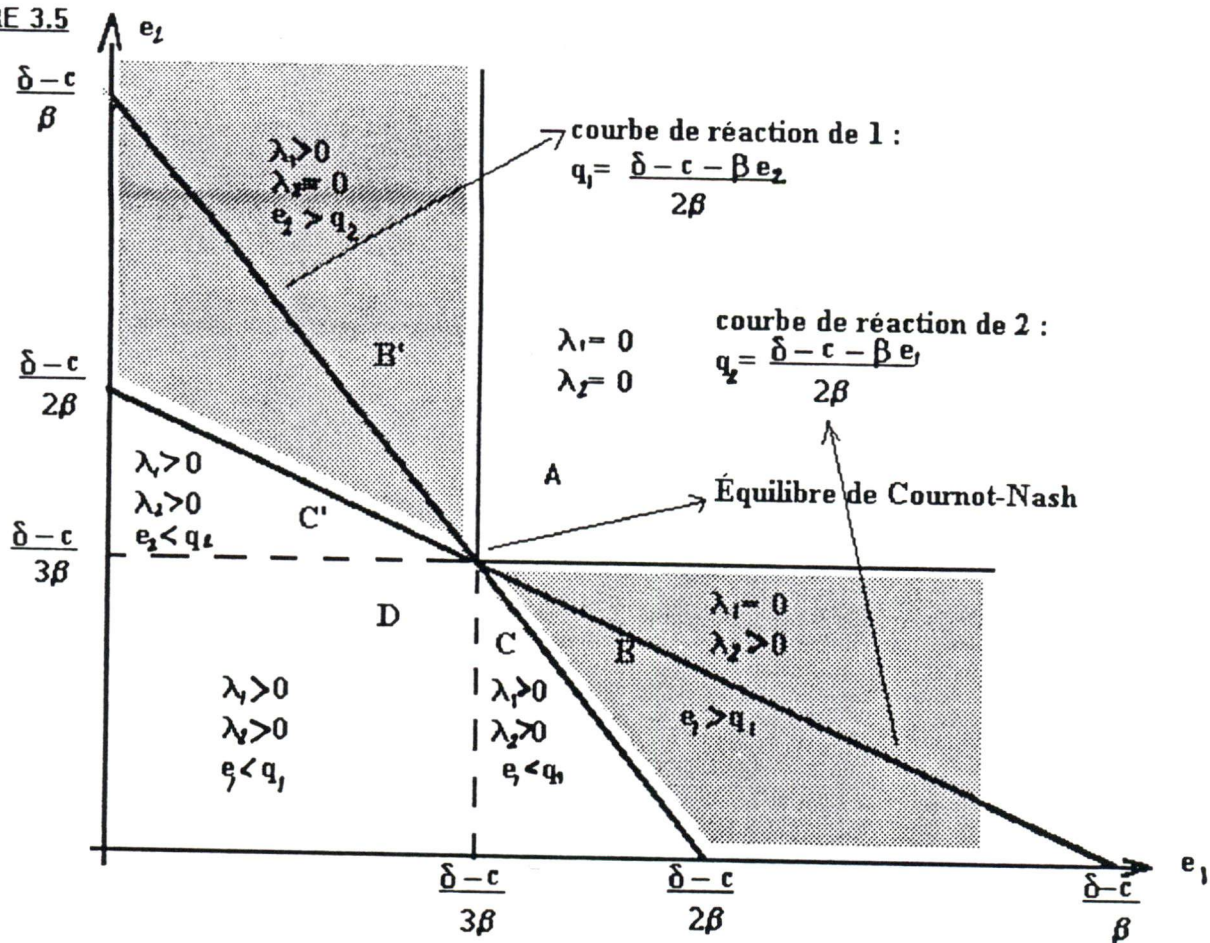
$$\text{alors } q_2 = [\delta - c - \beta m_1(a_1+1)] \frac{1}{2\beta} = \frac{\delta - c - \beta e_1}{2\beta}$$

$$\Rightarrow e_2 = \frac{\delta - c - \beta e_1}{2\beta} \quad (29)$$

4° e_1 et e_2 sont IDEM si $q_1 = e_1$ et $q_2 = e_2$

Graphique des scénarios :

FIGURE 3.5



On doit trouver la fonction de Π_1 pour chaque valeur de e_1 :

$$\text{Soit } \Pi_1 = [\delta - c - \beta(q_1 + q_2)] q_1$$

$$1^\circ \quad e_1 \leq \frac{\delta - c}{3\beta} \quad , \quad e_2 \leq \frac{\delta - c}{3\beta}$$

$$\text{si } e_2 \leq \frac{\delta - c}{3\beta} \quad \text{alors } \frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta} \geq^1 \frac{\delta - c}{3\beta} \geq 0$$

$$\bullet \quad e_1 \leq \frac{\delta - c}{3\beta} \Rightarrow q_1 = e_1$$

$$\bullet \quad e_2 \leq \frac{\delta - c}{3\beta} \Rightarrow q_2 = e_2$$

Zone D: situation où les deux firmes sont contraintes

$$\text{Donc, } \Pi_1 = [\delta - c - \beta(e_1 + e_2)] e_1$$

$$= -\beta e_1^2 + (\delta - c - \beta e_2) e_1$$

$$\Rightarrow \frac{d\Pi_1}{de_1} = -2\beta e_1 + \delta - c - \beta e_2$$

$$\frac{d\Pi_1}{de_2} = -\beta e_1$$

$$\frac{\partial \Pi_1}{\partial e_1} \left(\frac{\delta - c}{3\beta}, \frac{\delta - c}{3\beta} \right) = -2\beta \left(\frac{\delta - c}{3\beta} \right) + \delta - c - \beta \left(\frac{\delta - c}{3\beta} \right) = -(\delta - c) + \delta - c = 0$$

$$\text{donc si } e_1 \leq \frac{\delta - c}{3\beta} \text{ et/ou } e_2 \leq \frac{\delta - c}{3\beta} \text{ alors } \Pi_1 \geq 0$$

¹ $\frac{\delta - c - \beta(\delta - c/3\beta)}{2\beta} = \frac{\delta - c}{3\beta}$ donc si $e_2 \leq \frac{\delta - c}{3\beta}$ alors $\frac{\delta - c - \beta e_2}{3\beta} \geq \frac{\delta - c}{3\beta}$

$$\frac{d\Pi_1}{de_1} = 0 = -2\beta e_1 + \delta - c - \beta e_2$$

$$\Rightarrow 2\beta e_1 = \delta - c - \beta e_2 \Rightarrow e_1 = \frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta}$$

donc le profit de la firme 1 est maximisé lorsque ses émissions sont

$$e_1 = \frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta}$$

$$2^\circ \quad \frac{\delta - c}{3\beta} \leq e_1 \leq \frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta}, \quad e_2 \leq \frac{\delta - c}{3\beta}$$

$$\bullet \quad e_1 \leq \frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta} \Rightarrow q_1 = e_1$$

$$\bullet \quad e_2 \leq \frac{\delta - c}{3\beta} \Rightarrow q_2 = e_2$$

Zone C

$$\text{donc } \Pi_1 = [\delta - c - \beta(e_1 + e_2)] e_1 \\ = -\beta e_1^2 + (\delta - c - \beta e_2) e_1$$

$$\frac{d\Pi_1}{de_1} = -2\beta e_1 + \delta - c - \beta e_2$$

$$\frac{d\Pi_1}{de_2} = -\beta e_1$$

$$\Pi_1' \left(\frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta}, \frac{\delta - c}{3\beta} \right) = -(\delta - c - \beta e_2) + \delta - c - \beta e_2 = 0$$

$$\Pi_1' \geq 0 \Rightarrow \delta - c - \beta e_2 \geq 2\beta e_1$$

$$\frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta} \geq e_1$$

$$\text{on sait que } e_1 \leq \frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta} \quad \text{donc } \Pi_1' \geq 0$$

$$3^\circ \quad e_1 \geq \frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta}, \quad e_2 \leq \frac{\delta - c}{3\beta}$$

$$\bullet \quad e_1 \geq \frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta} \Rightarrow q_1 = \frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta}$$

$$\bullet \quad e_2 \leq \frac{\delta - c}{3\beta} \Rightarrow q_2 = e_2$$

Zone B

$$\Pi_1 = \left[\delta - c - \beta \left(\frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta} + e_2 \right) \right] \frac{(\delta - c - \beta e_2)}{2\beta}$$

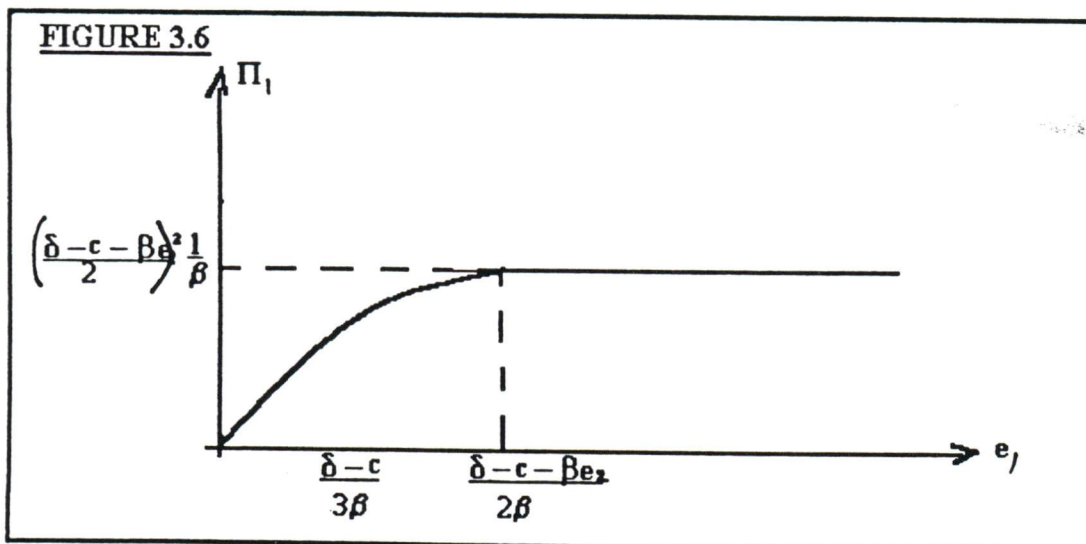
$$= \left[\delta - c - \frac{(\delta - c)}{2} + \frac{\beta e_2}{2} - \beta e_2 \right] \frac{(\delta - c - \beta e_2)}{2\beta}$$

$$= \left[\frac{\delta - c}{2} - \frac{\beta e_2}{2} \right] \frac{(\delta - c - \beta e_2)}{2\beta} = \frac{(\delta - c - \beta e_2)^2}{4\beta}$$

$$\frac{d\Pi_1}{de_1} = 0$$

$$\frac{d\Pi_1}{de_2} = \frac{2\beta^2 e_2}{4\beta} = \frac{\beta e_2}{2}$$

Graphique du Π_1 pour $e_2 \leq \frac{\delta - c}{3\beta}$:



Si par contre $e_2 \geq \frac{\delta-c}{3\beta}$, alors $0 \leq \frac{\delta-c-\beta e_2}{2\beta} \leq \frac{\delta-c}{3\beta}$
c.f. note 1 p.40

$$4^\circ \quad e_1 \leq \frac{\delta-c-\beta e_2}{2\beta}, \quad \frac{\delta-c}{3\beta} \leq e_2 \leq \frac{\delta-c-\beta e_1}{2\beta}$$

$$\bullet \quad e_1 \leq \frac{\delta-c-\beta e_2}{2\beta} \Rightarrow q_1 = e_1$$

Zone C'

$$\bullet \quad \frac{\delta-c}{3\beta} \leq e_2 \leq \frac{\delta-c-\beta e_1}{2\beta} \Rightarrow q_2 = e_2$$

$$\text{donc } \Pi_1 = [\delta-c-\beta(e_1+e_2)] \quad e_1 = -\beta e_1^2 + (\delta-c-\beta e_2) e_1$$

$$\Rightarrow \frac{d\Pi_1}{de_1} = -2\beta e_1 + \delta-c-\beta e_2$$

$$\frac{d\Pi_1}{de_2} = -\beta e_1$$

$$\Pi'_1 \left(\frac{\delta-c-\beta e_2}{2\beta}, e_2 \right) = -2\beta \frac{(\delta-c-\beta e_2)}{2\beta} + \delta-c-\beta e_2 = 0$$

$$\text{donc si } e_1 \leq \frac{\delta-c-\beta e_2}{2\beta} \text{ alors } \frac{d\Pi_1}{de_1} \geq 0$$

$$\Pi_1 \left(\frac{\delta-c-\beta e_2}{2\beta}, e_2 \right) = -\beta \frac{(\delta-c-\beta e_2)^2}{2\beta} + (\delta-c-\beta e_2) \frac{(\delta-c-\beta e_2)}{2\beta}$$

$$= -\frac{(\delta-c-\beta e_2)^2}{4\beta} + \frac{(\delta-c-\beta e_2)^2}{2\beta} = \frac{(\delta-c-\beta e_2)^2}{4\beta}$$

$$5^{\circ} \quad e_1 \leq \frac{\delta-c}{3\beta} \quad , \quad e_2 \geq \frac{\delta-c-\beta e_1}{2\beta} \geq \frac{\delta-c}{3\beta}$$

$$\bullet \quad e_1 \leq \frac{\delta-c}{3\beta} \Rightarrow q_1 = e_1$$

$$\bullet \quad e_2 \geq \frac{\delta-c-\beta e_1}{2\beta} \Rightarrow q_2 = \frac{\delta-c-\beta e_1}{2\beta}$$

Zone B'

$$\text{donc } \Pi_1 = \left[\delta - c - \beta \left(e_1 + \frac{\delta - c - \beta e_1}{2\beta} \right) \right] e_1$$

$$= \left[\delta - c - \beta \left(\frac{\beta e_1 + \delta - c}{2\beta} \right) \right] e_1$$

$$= \left[\frac{\delta - c - \beta e_1}{2} - \frac{(\delta - c)}{2} \right] e_1$$

$$= \left[\frac{\delta - c - \beta e_1}{2} \right] e_1 = -\frac{\beta}{2} e_1^2 + \frac{(\delta - c)}{2} e_1$$

$$\frac{d\Pi_1}{de_1} = -\beta e_1 + \frac{\delta - c}{2} \geq 0 \Rightarrow \frac{\delta - c}{2} \geq \beta e_1$$

$$\Rightarrow e_1 \geq \frac{\delta - c}{2\beta}$$

$$\text{si } e_1 \leq \frac{\delta - c}{3\beta} \leq \frac{\delta - c}{2\beta} \text{ alors } \frac{d\Pi_1}{de_1} \geq 0$$

$$\frac{d\Pi_1}{de_1} = 0 \quad \text{si } e_1 = \frac{\delta - c}{2\beta}$$

$$\frac{d\Pi_1}{de_2} = 0$$

$$\text{note: si } \frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta} \leq e_1 \leq \frac{\delta - c}{3\beta} \text{ , alors } \Pi_1 = \frac{\beta}{2} e_1^2 + \frac{(\delta - c)}{2} e_1 \Rightarrow \frac{d\Pi_1}{de_1} \geq 0$$

$$6^{\circ} \quad e_1 \geq \frac{\delta-c}{3\beta}, \quad e_2 \geq \frac{\delta-c}{3\beta}$$

$$\bullet \quad e_1 \geq \frac{\delta-c}{3\beta} \Rightarrow q_1 = \frac{\delta-c}{3\beta}$$

$$\bullet \quad e_2 \geq \frac{\delta-c}{3\beta} \Rightarrow q_2 = \frac{\delta-c}{3\beta}$$

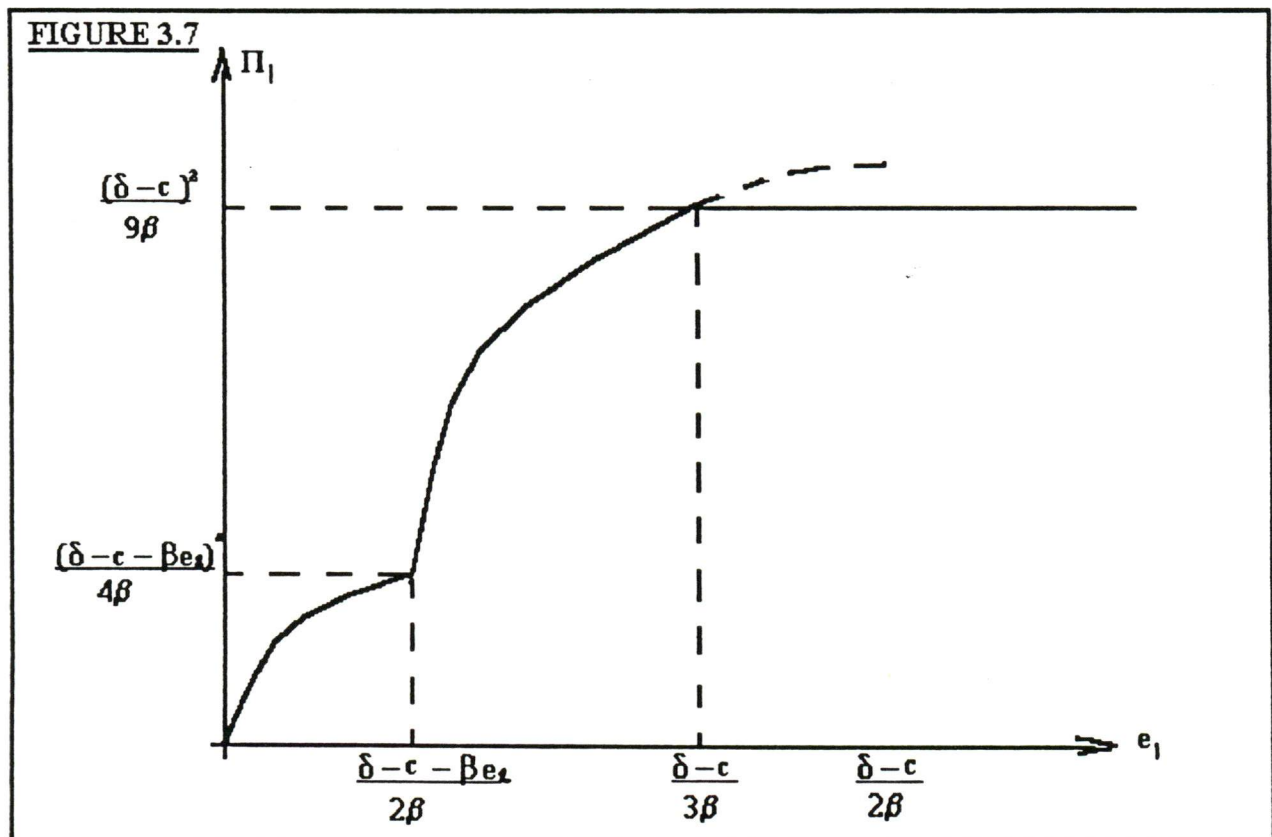
Zone A

$$\text{donc } \Pi_1 = \left[\delta - c - \beta \left(2 \frac{\delta-c}{3\beta} \right) \right] \frac{\delta-c}{3\beta} = \left[\delta - c - \frac{2}{3}(\delta-c) \right] \frac{\delta-c}{3\beta}$$

$$= \frac{(\delta-c)}{3} \frac{(\delta-c)}{3\beta} = \frac{(\delta-c)^2}{9\beta}$$

$$\frac{d\Pi_1}{de_1} = 0, \quad \frac{d\Pi_1}{de_2} = 0, \quad \frac{d\Pi_2}{de_1} = 0, \quad \frac{d\Pi_2}{de_2} = 0$$

Graphique pour $e_2 \geq \frac{\delta-c}{3\beta}$:



Détermination de Π_2 pour chaque valeur de e_1 :

$$1^\circ \quad e_1 \leq \frac{\delta-c}{3\beta}, \quad e_2 \leq \frac{\delta-c}{3\beta}$$

Zone D

$$\Rightarrow q_1 = e_1 \text{ et } q_2 = e_2$$

$$\Rightarrow \Pi_2 = [\delta - c - \beta(e_1 + e_2)] e_2$$

$$= -\beta e_2^2 + (\delta - c - \beta e_1) e_2$$

$$\Rightarrow \frac{d\Pi_2}{de_2} = -2\beta e_2 + \delta - c - \beta e_1$$

$$\frac{d\Pi_2}{de_1} = -\beta e_2$$

$$2^\circ \quad \frac{\delta-c}{3\beta} \leq e_1 \leq \frac{\delta-c-\beta e_2}{2\beta}, \quad e_2 \leq \frac{\delta-c}{3\beta}$$

Zone C

$$\Rightarrow q_1 = e_1 \text{ et } q_2 = e_2$$

$$\Rightarrow \Pi_2 = -\beta e_2^2 + (\delta - c - \beta e_1) e_2$$

$$\frac{d\Pi_2}{de_2} = -2\beta e_2 + \delta - c - \beta e_1$$

$$\frac{d\Pi_2}{de_1} = -\beta e_2$$

$$3^\circ \quad e_1 \geq \frac{\delta-c-\beta e_2}{2\beta}, \quad e_2 \leq \frac{\delta-c}{3\beta}$$

$$\Rightarrow q_1 = \frac{\delta-c-\beta e_2}{2\beta} \text{ et } q_2 = e_2$$

Zone B

$$\Rightarrow \Pi_2 = \frac{-\beta}{2} e_2^2 + \frac{(\delta-c)}{2} e_2 = e_2 \left[\frac{\delta-c-\beta e_2}{2} \right]$$

$$\frac{d\Pi_2}{de_2} = -\beta e_2 + \frac{\delta-c}{2}, \quad \frac{d\Pi_2}{de_1} = 0$$

$$4^{\circ} \quad e_1 \leq \frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta} \quad , \quad \frac{\delta - c}{3\beta} \leq e_2 \leq \frac{\delta - c - \beta e_1}{2\beta} \quad \text{Zone C'}$$

$$\Rightarrow q_1 = e_1 \text{ et } q_2 = e_2$$

$$\Rightarrow \text{IDEM } 2^{\circ}$$

$$5^{\circ} \quad e_1 \leq \frac{\delta - c}{3\beta} \quad , \quad e_2 \geq \frac{\delta - c - \beta e_1}{2\beta} \geq \frac{\delta - c}{3\beta} \quad \text{Zone B'}$$

$$\Rightarrow q_1 = e_1 \text{ et } q_2 = \frac{\delta - c - \beta e_1}{2\beta}$$

$$\Pi_2 = \left[\delta - c - \beta \left(e_1 + \frac{\delta - c - \beta e_1}{2\beta} \right) \right] \frac{(\delta - c - \beta e_1)}{2\beta}$$

$$= \left[\delta - c - \beta e_1 + \frac{\beta e_1}{2} - \frac{(\delta - c)}{2} \right] \frac{(\delta - c - \beta e_1)}{2\beta}$$

$$= \left[\frac{\delta - c}{2} - \frac{\beta e_1}{2} \right] \frac{(\delta - c - \beta e_1)}{2\beta} = \frac{(\delta - c - \beta e_1)^2}{4\beta}$$

$$\frac{d\Pi_2}{de_2} = 0 \quad , \quad \frac{d\Pi_2}{de_1} = \frac{\beta e_1}{2}$$

$$6^{\circ} \quad e_1 \geq \frac{\delta - c}{3\beta} \quad , \quad e_2 \geq \frac{\delta - c}{3\beta} \quad \text{Zone A}$$

$$\Rightarrow q_1 = \frac{\delta - c}{3\beta} \text{ et } q_2 = \frac{\delta - c}{3\beta}$$

$$\Rightarrow \Pi_2 = \frac{(\delta - c)^2}{9\beta} \Rightarrow \frac{d\Pi_2}{de_2} = 0$$

$$\frac{d\Pi_2}{de_1} = 0$$

3.2 Détermination des zones où la firme 1 atteint le monopole, où la firme 2 atteint le monopole et où les 2 firmes atteignent le duopole

Soit la fonction de profit $\Pi_i = [\delta - \beta(q_1 + q_2) - c] q_i$

À la section 3.1 (p.35), nous avons déterminé les valeurs de q_i^N , puis les valeurs de e_i correspondant à une situation de duopole (p.38), $e_i = \frac{\delta - c}{3\beta}$ pour $i=1,2$. Nous savons donc qu'en situation de duopole, le

$$\Pi_i = [\delta - c - \beta(q_i + q_j)]q_i = \frac{(\delta - c)^2}{9\beta}$$

ZONE A : $q_1 = \frac{\delta - c}{3\beta}$ et $q_2 = \frac{\delta - c}{3\beta}$

$$\Rightarrow \Pi_1 = \frac{(\delta - c)^2}{9\beta} \text{ et } \Pi_2 = \frac{(\delta - c)^2}{9\beta}$$

donc situation de duopole

En effet les contraintes n'étant pas contraignantes, le marché des permis n'a aucune influence sur le marché de la consommation. Il est donc difficile et non-souhaitable pour les deux firmes de tendre vers le monopole du marché des permis et par conséquent du marché de la consommation.

ZONE B : si $e_2 = 0$ alors $\Pi_1 = \frac{(\delta - c)^2}{4} \cdot 1/\beta$
 $= \frac{(\delta - c)^2}{4\beta}$ profit de monopole

donc la firme 1 atteindra le profit de monopole dans la zone B.

i.e. si $e_1 = 0$ alors $\Pi_2 = \frac{-\beta}{2} e_2^2 + \frac{(\delta - c)}{2} e_2$

ZONE C : si $e_2 = 0$ alors $\Pi_1 = -\beta e_1^2 + (\delta - c)e_1$

si $e_1 = 0$ alors $\Pi_2 = -\beta e_2^2 + (\delta - c)e_2$

ZONE D : si $e_2 = 0$ alors $\Pi_1 = -\beta e_1^2 + (\delta - c)e_1$

si $e_1 = 0$ alors $\Pi_2 = -\beta e_2^2 + (\delta - c)e_2$

ZONE B' :

$$\begin{aligned} \text{si } e_2 = 0 & \quad \text{alors } \Pi_1 = \frac{-\beta e_1^2}{2} + \frac{(\delta - c) e_1}{2} \\ \text{si } e_1 = 0 & \quad \text{alors } \Pi_2 = \frac{(\delta - c)^2}{4\beta} \text{ profit de monopole} \end{aligned}$$

donc la firme 2 atteindra le profit de monopole dans la zone B'.

ZONE C' :

$$\begin{aligned} \text{si } e_2 = 0 & \quad \text{alors } \Pi_1 = -\beta e_1^2 + (\delta - c)e_1 \\ \text{si } e_1 = 0 & \quad \text{alors } \Pi_2 = -\beta e_2^2 + (\delta - c)e_2 \end{aligned}$$

Cet exercice nous a permis de déterminer que la firme 1 pourrait atteindre le niveau de monopole dans la zone B et la firme 2 l'atteindrait dans la zone B'. De plus, on remarque que pour que le profit de la firme i atteigne celui de monopole, il faut que $e_j = 0$. En effet, il n'existe pas de combinaison (e_1, e_2) où $e_1 \neq 0$ et/ou $e_2 \neq 0$ qui nous permette d'atteindre $\Pi = \frac{(\delta - c)^2}{4\beta}$.

Ceci confirme le fait qu'il n'existe pas de solution intérieure, seule la solution de coin $(e_1, e_2 = 0)$ permet à $\Pi_1 = \frac{(\delta - c)^2}{4\beta}$ et la solution de coin $(e_1 = 0, e_2)$ permet à $\Pi_2 = \frac{(\delta - c)^2}{4\beta}$.

Ces résultats rejoignent les conclusions de Hung et Richelle¹³.

¹³Hung N.M. et Y.Richelle, "The Choice of Externality Regulatory Instruments under Imperfect Competition", mimeo, Univ. Laval, 1994.

Démonstration que $\Pi^m > \Pi^D$:

Situation de duopole :

$$q_1 = \frac{\delta - c}{3\beta} \quad \text{et} \quad q_2 = \frac{\delta - c}{3\beta}$$

$$\begin{aligned} \Pi^0 = \Pi_1 + \Pi_2 &= \left[\delta - c - \beta \left(2 \frac{\delta - c}{3\beta} \right) \right] \frac{(\delta - c)}{3\beta} \cdot 2 \\ &= \left[\delta - c - \frac{2}{3} (\delta - c) \right] \cdot \frac{(\delta - c)}{3\beta} \cdot 2 \\ &= \frac{\delta - c}{3} \cdot \frac{(\delta - c)}{3\beta} \cdot 2 = \frac{2 (\delta - c)^2}{9\beta} \end{aligned}$$

Situation de monopole :

$$q_1 = \frac{\delta - c}{2\beta} \quad \text{et} \quad q_2 = 0$$

$$\begin{aligned} \Pi^0 &= \Pi_1 + \Pi_2 = \left[\delta - c - \beta \left(\frac{\delta - c}{2\beta} \right) \right] \frac{(\delta - c)}{2\beta} + \left[\delta - c - \beta \left(\frac{\delta - c}{2\beta} \right) \right] \cdot 0 \\ &= \left[\delta - c - \frac{(\delta - c)}{2} \right] \frac{\delta - c}{2\beta} \\ &= \frac{\delta - c}{2} \cdot \frac{\delta - c}{2\beta} = \frac{(\delta - c)^2}{4\beta} \end{aligned}$$

DONC

$$\frac{2(\delta - c)^2}{9\beta} < \frac{(\delta - c)^2}{4\beta}$$

$$\frac{2 \cdot 4}{9} \frac{(\delta - c)^2}{4\beta} = \frac{8}{9} \frac{(\delta - c)^2}{4\beta} < \frac{(\delta - c)^2}{4\beta}$$

CQFD

3.3 Détermination du niveau technologique

Franchissons maintenant la dernière étape de ces calculs en déterminant, pour tout les scénarios qui nous sont connus, la valeur de a_i , c'est-à-dire quelle sera la valeur de l'investissement technologique pour la firme i . Soulignons d'abord que si la quantité de permis disponibles sur le marché (m_0) est supérieure au niveau d'émissions de monopole ($\frac{\delta - c}{2\beta}$) alors on trouvera suffisamment de permis sur

le marché pour atteindre le niveau de monopole et nous n'aurons plus besoin de faire d'investissement technologique. Par contre, si tel n'était pas le cas, alors un montant d'investissement sera nécessaire pour combler l'écart entre le niveau de production permis et le niveau de production équivalent à la situation de monopole. Il est donc nécessaire de déterminer, pour ces deux scénarios, quelle quantité de a_i est nécessaire pour notre solution de coin (monopole).

Soit π_i : le profit total de la firme i .

$f a_i$: fonction linéaire de coût de l'investissement technologique.

- Si $m_0 \geq \frac{\delta - c}{2\beta} \rightarrow \frac{m_0}{2} \geq \frac{\delta - c}{4\beta} \rightarrow$ répartie de façon égale, c'est la part des permis disponibles de chaque firme avant les échanges.

$$\pi_1 = \left[\frac{(\delta - c)^2}{2\beta} - p \frac{m_0}{2} \right] - f a_1 \quad (1)$$

→ Π monopole - compensation - coût de l'investissement

$$\pi_2 = p \frac{m_0}{2} - f a_2 \text{ où la firme 2 ne produit rien car la compensation est suffisante pour l'en dissuader.} \quad (2)$$

$$(1) \quad \pi_1(e_1) = \left[\frac{(\delta - c)^2}{2\beta} - p \frac{m_0}{2} \right] - f \left(\frac{2e_1}{m_0} - 1 \right) \text{ où } e_1 = \frac{(a_1 + 1)m_0}{2}$$

$$(2) \quad \pi_2(e_2) = p \frac{m_0}{2} - f \left(\frac{2e_2}{m_0} - 1 \right) \text{ où } e_2 = \frac{(a_2 + 1)m_0}{2}$$

On veut déterminer $\frac{\partial \pi_1}{\partial a_1} = \frac{\partial \pi_1}{\partial e_1} \cdot \frac{\partial e_1}{\partial a_1}$ or on a que $\frac{\partial \pi_1}{\partial e_1} = \frac{-2f}{m_0} < 0$

et que $\frac{\partial e_1}{\partial a_1} = \frac{m_0}{2} > 0$

→ $\frac{\partial \pi_1}{\partial a_1} = \frac{\partial \pi_1}{\partial e_1} \cdot \frac{\partial e_1}{\partial a_1} < 0$

⇒ la firme 1 n'investit pas
i.e. $a_1 = 0$.

$$\Rightarrow e_1 = \frac{m_0}{2} (a_1 + 1) = \frac{m_0}{2}$$

Pour déterminer $\frac{\partial \pi_2}{\partial a_2} = \frac{\partial \pi_2}{\partial e_2} \cdot \frac{\partial e_2}{\partial a_2}$ on a que $\frac{\partial \pi_2}{\partial e_2} = \frac{-2f}{m_0} < 0$ et que $\frac{\partial e_2}{\partial a_2} = \frac{m_0}{2} > 0$

$$\Rightarrow \frac{\partial \pi_2}{\partial a_2} = \frac{\partial \pi_2}{\partial e_2} \cdot \frac{\partial e_2}{\partial a_2} < 0$$

⇒ la firme 2 n'investit pas
i.e. $a_2 = 0$.

$$\Rightarrow e_2 = \frac{m_0}{2} (a_2 + 1) = \frac{m_0}{2}$$

⇒ Les firmes 1 et 2 n'émettront pas plus que la quantité
initiale permise ($\frac{m_0}{2}$).

Ceci confirme bien que si la quantité de permis disponibles sur le marché est supérieure au niveau d'émission de monopole, alors les firmes n'auront plus d'incitatif à investir car le marché des permis comblera suffisamment leur demande.

- Si par contre la quantité permise < quantité produite, alors des investissements seront nécessaires pour pouvoir produire la quantité désirée.

$$\text{Si } m_0 < \frac{\delta - c}{2\beta} \quad \rightarrow \quad \frac{m_0}{2} < \frac{\delta - c}{4\beta}$$

$$\text{alors } [\delta - c - \beta(e_1 + e_2)]e_1 - p \frac{m_0}{2} - f a_1 = \pi_1(e_1) \quad \text{où } e_1 = \frac{m_0}{2}(a_1 + 1) \text{ et } e_2 = 0.$$

$$\rightarrow \pi_1(a_1) = [\delta - c - \beta(\frac{m_0}{2}(a_1 + 1))] \frac{m_0}{2}(a_1 + 1) - p \frac{m_0}{2} - f a_1$$

$$\frac{\partial \pi_1(a_1)}{\partial a_1} = \frac{m_0}{2} [\delta - c - \beta(\frac{m_0}{2}(a_1 + 1))] - \beta(\frac{m_0}{2})^2 (a_1 + 1) - f$$

$$= (\delta - c) \frac{m_0}{2} - f$$

$$= 2\beta \left(\frac{m_0}{2} \right)^2 (a_1 + 1)$$

$$\rightarrow \frac{\delta - c}{2\beta} - \frac{f}{\beta m_0} = \frac{m_0}{2} (a_1 + 1)$$

↓
Cm de l'investissement

$$\rightarrow \frac{m_0}{2} (a_1 + 1) + \frac{f}{\beta m_0} = \frac{\delta - c}{2\beta}$$

En plus de ses permis, la firme 1 devra investir un montant de $\frac{f}{\beta m_0}$ pour atteindre le niveau de monopole, ce qui, on le sait, maximise son profit.

Quant à la firme 2, on a déterminé au chapitre précédant que, dans cette situation, la firme 2 atteignait son profit maximum en ne produisant rien donc aucune émission polluante ($e_2 = 0$).

$$\pi_2 = [\delta - c - \beta(e_1 + e_2)]e_2 + p \frac{m_0}{2} - f a_2$$

$$= p m_0 - f a_2$$

$$\rightarrow \frac{\partial \pi_2}{\partial a_2} = -f < 0$$

Donc la firme 2 ne sera pas intéressée à investir car elle ne peut accroître son profit. ■

Nos résultats sont conséquents avec les résultats des section 3.1 et 3.2. En effet, nous avons trouvé que les échanges sur le marché des permis tendaient toujours vers le monopole

($q_1 = e_1 = \frac{\delta - c}{2\beta}$ et $q_2 = e_2 = 0$). Quant aux investissements (a_i), seule la firme 1 aura intérêt à

déboursier ($\frac{f}{\beta m_0}$) pour atteindre le monopole. La firme 2, qui est compensée ($p \frac{m_0}{2}$) n'est pas incitée à investir ($a_2 = 0$).

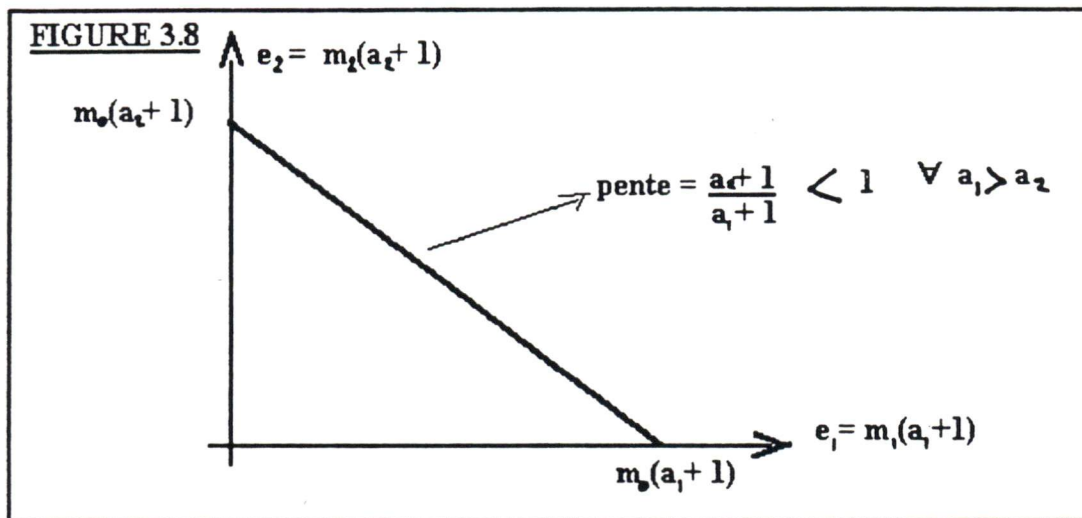
3.4 Détermination de la demande de permis (m_1 , m_2)

Toutes les combinaisons (m_1 , m_2) pour l'allocation des permis se trouvent sur la diagonale d'échange. L'équation de cette diagonale est donnée par:

$$m_2(a_2 + 1) = m_0(a_2 + 1) - \frac{(a_2 + 1) \cdot m_1(a_1 + 1)}{(a_1 + 1)}$$

$$\Rightarrow m_2(a_2 + 1) = (m_0 - m_1)(a_2 + 1)$$

Pour les fins de nos calculs, posons l'hypothèse que $a_1 > a_2$.



On se déplace sur la diagonale d'échange lorsque des échanges de permis sont effectués, la diagonale se déplace lorsque la quantité totale de permis disponible m_0 varie, et la pente de la diagonale varie lorsque l'investissement a_i varie. Il s'agit de vérifier quelle sera la valeur finale de m_2 et m_1 , en partant de n'importe quel point de la diagonale. Il faut aussi s'assurer de deux choses:

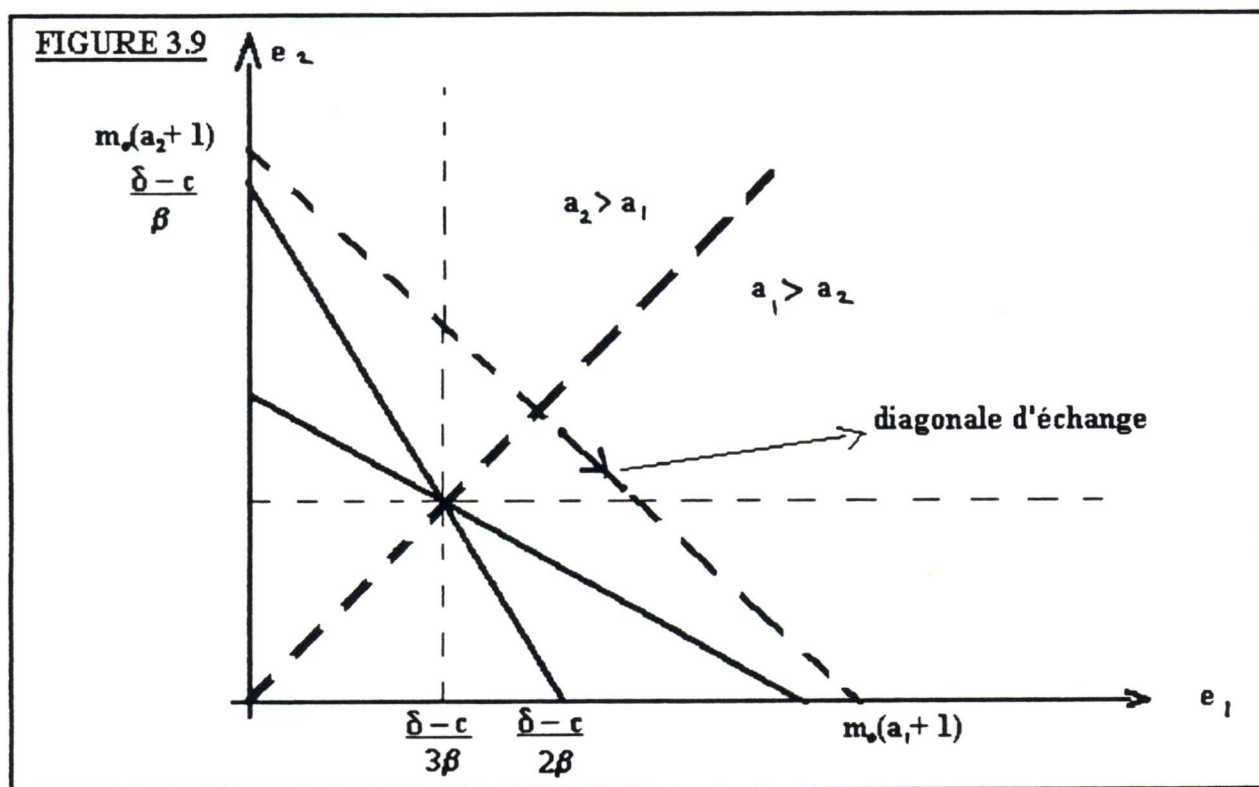
- qu'on a pris un point de départ dans chacune des zones (A, B, C, D)
- qu'on a tenu compte des déplacements sur la diagonale qui franchissait plus d'une zone.

1^{er} cas: (point de départ dans A et déplacement à un autre point de A)

Pour tout m_1, m_2 t.q $m_1 + m_2 = m_0$

$$m_1(a_1 + 1) > \frac{\delta - c}{3\beta}$$

$$m_2(a_2 + 1) > \frac{\delta - c}{3\beta}$$



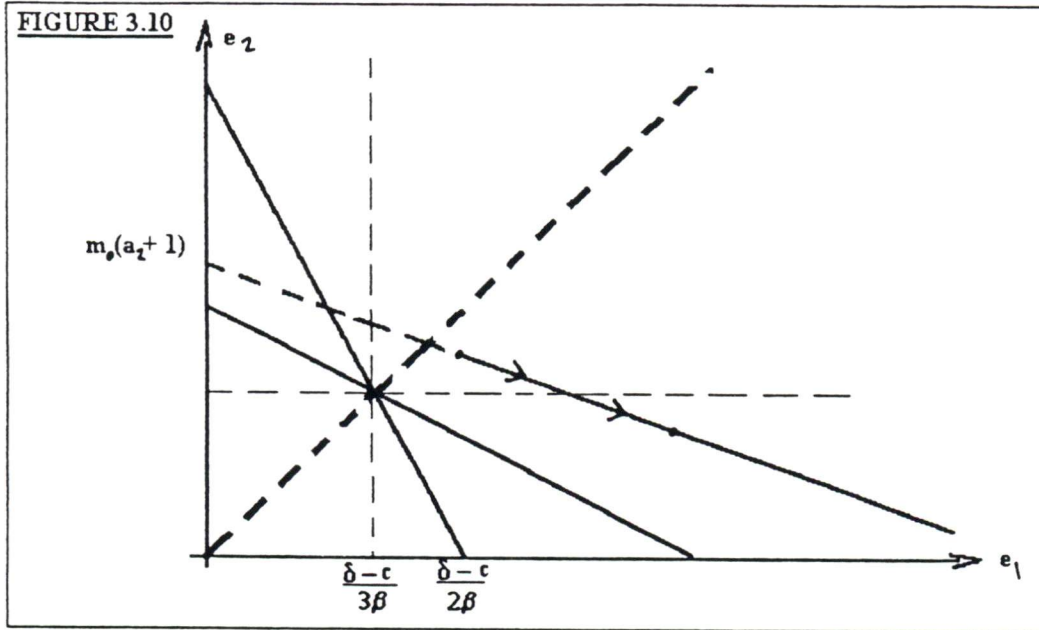
On avait trouvé que $\pi_1(e_1, e_2) + \pi_2(e_1, e_2) = 2 \left[\frac{\delta - c}{3\beta} \right]^2 \cdot \beta$

La $\Sigma\Pi$ n'est pas fonction de e_i , donc n'est pas fonction de la demande de permis m_i . Pour cette raison, peu importe le point de départ et le point d'arrivée sur la diagonale d'échange, en autant que ces deux points soient de la zone A, le niveau de production sera le même et la $\Sigma\Pi$ sera la même soit 2x le profit de duopole (équilibre de Nash-Cournot).

2° cas: (point de départ dans A et déplacement à un point dans B)

Pour tout m_1, m_2 t.q. $m_1 + m_2 = m_0$

$$m_1(a_1 + 1) > \frac{\delta - c}{2\beta} - \frac{m_2(a_2 + 1)}{2}$$



Pour la partie du déplacement qui se fait dans la zone A, le résultat sera le même que dans le 1^{er} cas (i.e. m_1 et m_2 n'influencent pas $\Sigma\Pi$). Par contre, lorsqu'on traverse dans la zone B, il faut tenir compte du fait que la fonction $\Sigma\Pi$ change.

Dans la zone B,

$$\begin{aligned} \pi_1(e_1, e_2) + \pi_2(e_1, e_2) &= \frac{\delta - c - \beta e_2}{2} \cdot \frac{1}{\beta} + \frac{(\delta - c - \beta e_2) \cdot e_2}{2} \\ &= \frac{(\delta - c - \beta(a_2 + 1)m_2)^2 \cdot 1}{4\beta} + \frac{(\delta - c - \beta(a_2 + 1)m_2)(a_2 + 1)m_2}{2} \\ &= \frac{1}{2} (\delta - c - \beta(a_2 + 1)m_2) \left[\frac{(\delta - c - \beta(a_2 + 1)m_2) \cdot 1}{2\beta} + (a_2 + 1)m_2 \right] \\ &= \frac{1}{2} (\delta - c - \beta(a_2 + 1)m_2) \left[\frac{(\delta - c - m_2(a_2 + 1))}{2\beta} + m_2(a_2 + 1) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\pi_1 + \pi_2 &= \frac{1}{2}(\delta - c - \beta(a_2 + 1)m_2) \frac{[\delta - c + m_2(a_2 + 1)]}{2\beta} \\
&= \frac{1}{4\beta} (\delta - c - \beta(a_2 + 1)m_2) (\delta - c + \beta(a_2 + 1)m_2) \\
&= \frac{1}{4\beta} ((\delta - c)^2 - \beta^2 m_2^2 (a_2 + 1)^2)
\end{aligned}$$

$$\text{Donc, } \frac{d(\pi_1 + \pi_2)}{dm_2} = \frac{1}{4\beta} \cdot -\beta^2(a_2 + 1)^2 \cdot 2m_2 < 0 \text{ si } m_2 > 0$$

et = 0 si $m_2 < 0$

Tant que la Σ des profits accroîtra, la demande de permis de la firme 2 diminuera et ce, jusqu'à la frontière inférieure de la zone B, soit là où $m_2=0$ et que la $\Sigma\Pi$ devient,

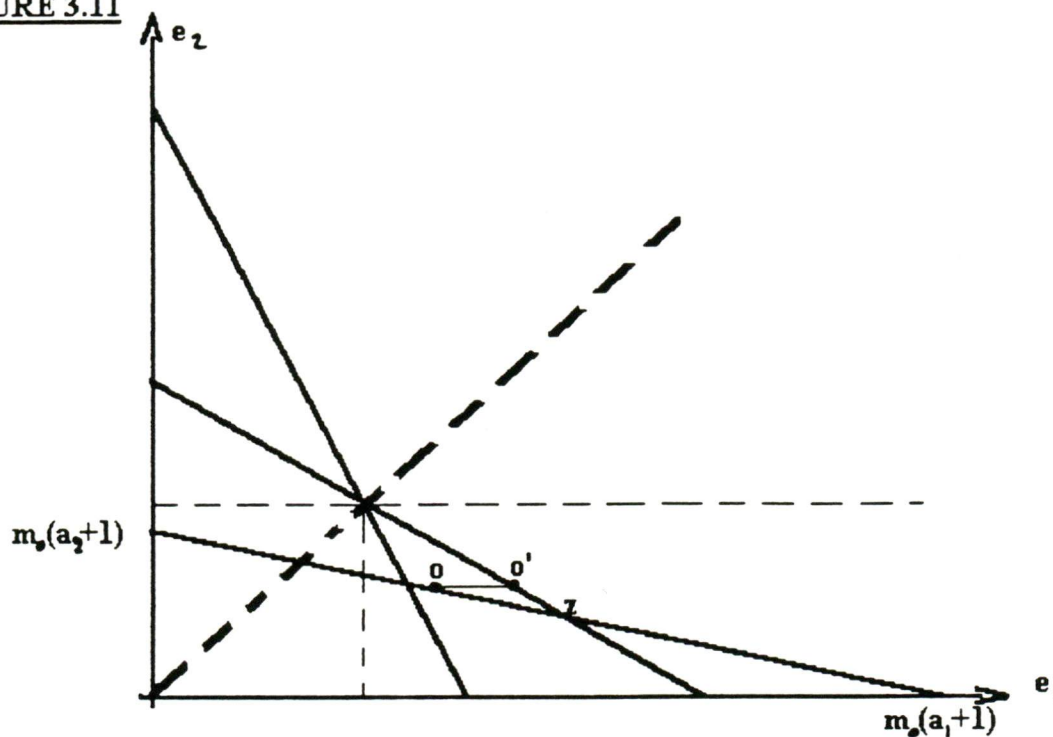
$$\pi_1 + \pi_2 = \frac{(\delta - c)^2}{4\beta} \Rightarrow \text{profit de monopole}$$

Cette dernière mesure tient aussi pour un déplacement d'un point de B à un autre point de B. La $\Sigma\Pi$ étant $\frac{1}{4\beta} [(\delta - c)^2 - \beta^2 m_2^2 (a_2 + 1)^2]$, le résultat sera le même; suite à

des échanges de permis, la demande finale m_2 sera égale à zéro ($m_2=0$), puisque la firme 1 avait un investissement supérieur à la firme 2 ($a_1 > a_2$), elle deviendrait monopoleuse. (c.f. hypothèse en page)

3° cas: (point de départ dans C et déplacement à un point dans B)

FIGURE 3.11



Nous savons déjà que, pour un déplacement dans B (i.e. à partir du point Z sur la diagonale d'échange), la $\frac{d(\Pi_1 + \Pi_2)}{dm_2} < 0$.

Qu'en est-il d'un déplacement dans la zone C (i.e. du point 0 au point Z)?

Pour tout, m_1, m_2 t.q.
$$\begin{cases} m_1 + m_2 = m_0 \\ m_1(a_1 + 1) < \frac{\delta - c}{2\beta} - m_2(a_2 + 1) \end{cases}$$

$$\pi_1(e_1, e_2) + \pi_2(e_1, e_2) = (\delta - c - \beta(e_1 + e_2))(e_1 + e_2)$$

$$\begin{aligned} \text{où } e_1 + e_2 &= m_1(a_1 + 1) + m_2(a_2 + 1) \\ &= (m_0 - m_2)(a_1 + 1) + m_2(a_2 + 1) \\ &= m_0(a_1 + 1) + m_2(a_2 + 1 - a_1 - 1) \\ &= m_0(a_1 + 1) + m_2(a_2 - a_1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\pi_1 + \pi_2 &= [\delta - c - \beta(m_0(a_1 + 1) + m_2(a_2 - a_1))] (m_0(a_1 + 1) + m_2(a_2 - a_1)) \\ &= (\delta - c) (m_0(a_1 + 1) + m_2(a_2 - a_1)) - \beta(m_0(a_1 + 1) + m_2(a_2 - a_1))^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow \frac{d(\pi_1 + \pi_2)}{dm_2} &= (\delta - c) (a_2 - a_1) - 2\beta(m_0(a_1 + 1) + m_2(a_2 - a_1)) (a_2 - a_1) \\ &= (\delta - c - 2\beta(e_1 + e_2)) (a_2 - a_1)\end{aligned}$$

puisque $a_1 > a_2$ alors $a_2 - a_1 < 0$

$$\begin{aligned}\text{Donc, } \frac{d(\pi_1 + \pi_2)}{dm_2} &< 0 \quad \text{si} \quad \delta - c - 2\beta(m_0(a_1 + 1) + m_2(a_2 - a_1)) > 0 \\ &\Rightarrow m_0(a_1 + 1) + m_2(a_2 - a_1) < \frac{\delta - c}{2\beta} \\ &\Rightarrow m_0(a_1 + 1) < \frac{\delta - c}{2\beta} + m_2(a_1 - a_2)\end{aligned}$$

Il nous reste à savoir si $\Sigma\Pi$ croisse ou décroisse lorsqu'on se déplace de 0 à Z. Pour ce faire, prenons un troisième point O' . Si nous pouvons démontrer que: (**Voir graphique 3.11**)

$$\left. \begin{array}{l} \text{A } \Sigma\Pi \text{ en } O' > \Sigma\Pi \text{ en } O \\ \text{et B } \Sigma\Pi \text{ en } Z > \Sigma\Pi \text{ en } O' \end{array} \right\} \quad \text{alors, } \Sigma\Pi \text{ en } Z > \Sigma\Pi \text{ en } O.$$

$$\begin{aligned}\text{A } \Sigma\Pi \text{ en } O &= [\delta - c - \beta(e_1^0 + e_2^0)] (e_1^0 + e_2^0) \\ &= (\delta - c) (e_1^0 + e_2^0) - \beta(e_1^0 + e_2^0)^2\end{aligned}$$

Comment varie $\Sigma\Pi$ si j'augmente e_1^0 en laissant e_2^0 fixe?

$$\begin{aligned}\frac{d(\pi_1 + \pi_2)}{de_1^0} &= \delta - c - 2\beta e_1^0 - \beta e_2^0 > 0 \\ &\text{si } e_1^0 < \frac{\delta - c - \beta e_2^0}{2\beta} \Rightarrow \text{Vrai}\end{aligned}$$

Donc, $\Sigma\Pi \text{ en } O' > \Sigma\Pi \text{ en } O$ ■

B 1. Appelons (e_1', e_2') les e au point O'
 (e_1^Z, e_2^Z) les e au point Z

On sait que:

- $e_1' < \frac{\delta - c}{2\beta}$
- $e_1^Z > e_1$
- $e_1^Z < \frac{\delta - c}{2\beta}$

On sait que: $\delta - c - 2\beta e_1' - \beta e_2' = 0$ et $\delta - c - 2\beta e_1^Z - \beta e_2^Z = 0$

2. Σ profits au point O' s'écrit donc: $[\delta - c - \beta(e_1' + e_2')](e_1' + e_2')$

Mais puisque, $\delta - c - 2\beta e_1' - \beta e_2' = 0$

on a: $\delta - c - \beta(e_1' + e_2') = \beta e_1'$

$$(e_1' + e_2') = \frac{\delta - c - \beta e_1'}{\beta}$$

En remplaçant dans Σ profits en O' , on a:

$$\Sigma \pi \text{ en } O' = e_1' [\delta - c - \beta e_1']$$

3. Σ profits en $Z = [\delta - c - \beta(e_1^Z + e_2^Z)](e_1^Z + e_2^Z)$

Mais puisque, $\delta - c - 2\beta e_1^Z - \beta e_2^Z = 0$

on a: $\delta - c - \beta(e_1^Z + e_2^Z) = \beta e_1^Z$

$$(e_1^Z + e_2^Z) = \frac{\delta - c - \beta e_1^Z}{\beta}$$

En remplaçant dans Σ profits en Z , on a:

$$\Sigma \pi \text{ en } Z = e_1^Z [\delta - c - \beta e_1^Z]$$

4. Appelons $f(e) = e[\delta - c - \beta e]$

On a: $f'(e) = \delta - c - 2\beta e$

Donc, $f'(e) > 0$ pour tout $e < \frac{\delta - c}{2\beta}$

De plus f atteint un maximum pour $e = \frac{\delta - c}{2\beta}$.

5. $\Sigma \pi \text{ en } Z = f(e_1^Z)$ et $\Sigma \pi \text{ en } O' = f(e_1^{O'})$

Puisque $e_1^{O'} < e_1^Z$ et $e_1^Z < \frac{\delta - c}{2\beta}$

On a, par le point 4, $f(e_1^{O'}) < f(e_1^Z)$

Donc, $\Sigma \pi \text{ en } Z > \Sigma \pi \text{ en } O'$
CQFD

Il est clair que $\Sigma \Pi$ croît pour un déplacement de la demande de permis 0 à Z (i.e. de la zone C à B) et que la demande de permis décroît jusqu'à la borne inférieure $m_2=0$.

Nos résultats démontrent bel et bien ce que nous attendions: les échanges tendent vers le monopole des permis par la firme qui investit le plus. La seule région où la demande de permis ne se déplace pas directement jusqu'au point $(m_1, m_2) = (\frac{\delta - c}{2\beta}, 0)$ c'est la

région A. Dans cette région, la demande se déplace jusqu'au point $(m_1, m_2) = (\frac{\delta - c}{3\beta}, \frac{\delta - c}{3\beta})$, soit le point d'équilibre de Cournot-Nash, situation de duopole.

Le point d'équilibre de Cournot-Nash est à l'intersection de plusieurs régions. Tant que $a_1 > a_2$, ce point ne constituera pas un équilibre de long terme, la demande de permis continuera de se déplacer le long de la droite $[(\frac{\delta - c}{3\beta}, \frac{\delta - c}{3\beta}), (\frac{\delta - c}{2\beta}, 0)]$ jusqu'à

la solution de coin $m_2 = 0$. On sait d'ailleurs depuis la section 3.2 que $\Pi^M > \Sigma \Pi^D$. Une fois de plus nous rejoignons Hung et Richelle qui prétendent qu'il n'existe que des solutions de coin i.e. si $e_i > 0$, alors $e_j = 0$ et inversement.

CHAPITRE 4

**MODÈLE DE PERMIS ÉCHANGEABLES
AVEC POSSIBILITÉ DE REVENTE AU GOUVERNEMENT**

INTRODUCTION

Le Chapitre 3 nous a permis de modéliser et d'analyser le marché des permis. Ces calculs nous ont révélé que bien qu'il y ait des échanges dans un marché de concurrence imparfaite, ces échanges sont à sens unique, c'est-à-dire vers le monopole des permis d'une des firmes et une demande nulle des autres. Par conséquent de ce monopole, la production du bien de consommation sera monopolisée.

Pour pallier à ce problème nous proposerons, dans ce chapitre, une variante au modèle "traditionnel" de permis échangeables. Notre modèle inclura un prix plancher garanti par le gouvernement. Ainsi, il y aura possibilité pour les firmes de revendre leurs permis inutilisés au gouvernement plutôt que de les remettre sur le marché et risquer qu'ils soient achetés par un concurrent.

Nous verrons d'abord le modèle avec prix plancher, ensuite nous identifierons les courbes de réaction de m_1^* et m_2^* , les e_i^* et les a_i^* .

4.1 Le Modèle

Le principal défaut du système "traditionnel" de permis échangeables, tel que démontré dans la première section, c'est que le marché des permis en situation de concurrence imparfaite, bien qu'il permette de restreindre le niveau des émissions polluantes, il résulte en une situation de monopole des permis et par conséquent de production. Ce monopole est le résultat d'échanges stratégiques entre les deux firmes impliquées (dans le cas d'une situation de duopole), les deux voulant maximiser leur profit.

Dans le but d'éliminer ces échanges stratégiques, le gouvernement introduirait un prix plancher pour la vente de permis. En fait, le gouvernement devra garantir, au marché des permis, le rachat de tout permis à un prix fixe de p^0 . Ce prix serait fixé selon la condition suivante:

$$\Pi^M - p^0 \frac{m_0}{2} \leq \Pi^D \quad (\text{profit de monopole} - \text{coût de l'achat} \leq \text{profit de duopole})$$

$$\Rightarrow \quad 2 \left(\frac{\Pi^M - \Pi^D}{m_0} \right) \leq p^0 \Rightarrow \quad p^0 \geq \frac{(\delta - c)^2}{1 - 8\beta m_0} \quad \text{Borne inférieure}$$

En procédant ainsi, il n'y aurait plus que des échanges entre les firmes, mais aussi des échanges avec le gouvernement. Nous aurons donc conservé la structure de duopole à l'intérieur d'un système de permis échangeables en concurrence imparfaite et permis au dynamisme des échanges de se maintenir parce que les firmes auront pu vendre leurs permis inutilisés.

Il s'agit ici de déterminer la demande de permis m_i pour chacun des scénarios vus à la section précédente.

L'objectif pour les deux firmes est de

Maximiser: profit + achat/vente de permis - coût de l'investissement

$$\text{Max } m_1 \left\{ \Pi_1 + p^0 \left(\frac{m_0}{2} - m_1 \right) \right\} - f \left(1 - \frac{1}{a_1 + 1} \right) \quad (\text{A})$$

$$\text{Max } m_2 \left\{ \Pi_2 + p^0 \left(\frac{m_0}{2} - m_2 \right) \right\} - f \left(1 - \frac{1}{a_2 + 1} \right) \quad (\text{B})$$

$$\frac{\delta \Pi_1}{\delta m_1} = \frac{\delta \Pi_1}{\delta e_1} \cdot \frac{\delta e_1}{\delta m_1} - p_0 = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\delta \Pi_2}{\delta m_2} = \frac{\delta \Pi_2}{\delta e_2} \cdot \frac{\delta e_2}{\delta m_2} - p^0 = 0 \quad (2)$$

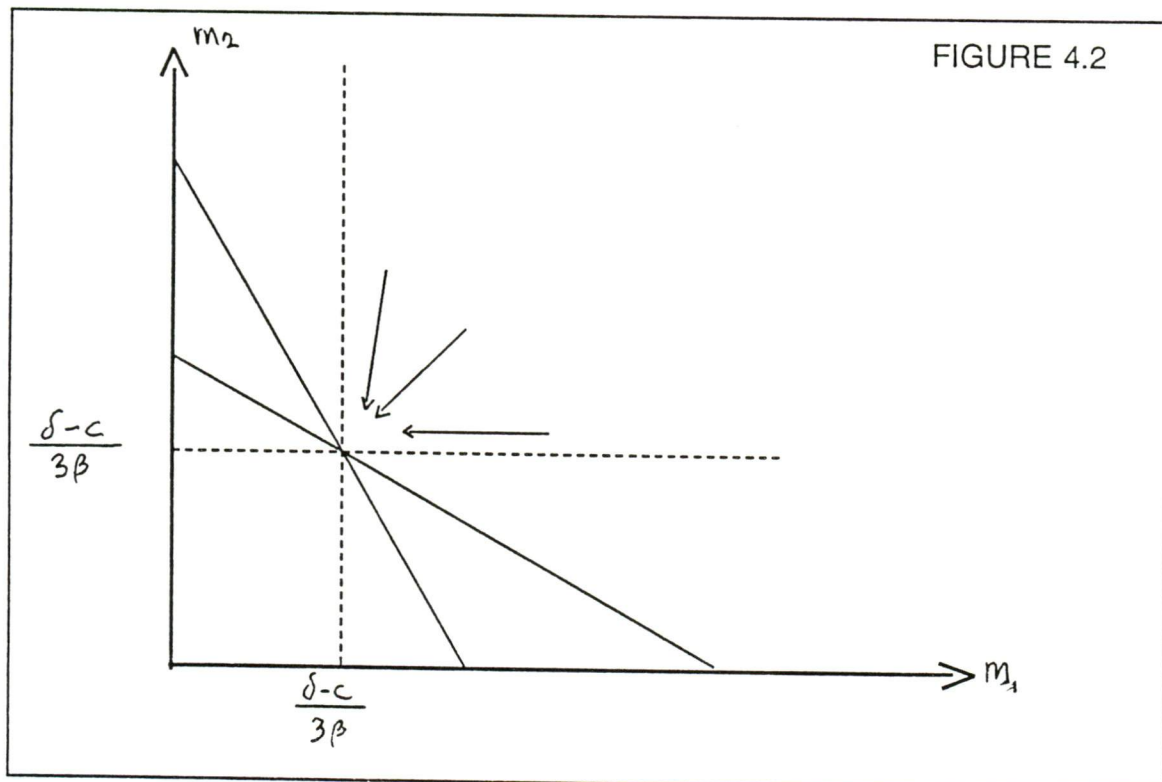
ZONE A : $e_1 \geq \frac{\delta - c}{3\beta}$, $e_2 \geq \frac{\delta - c}{3\beta}$

$$\Pi_1 = \frac{(\delta - c)^2}{9\beta} \text{ et } \Pi_2 = \frac{(\delta - c)^2}{9\beta}$$

$$\Rightarrow \frac{\delta \Pi_1}{\delta e_1} = 0 \text{ et } \frac{\delta \Pi_2}{\delta e_2} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{\delta \Pi_1}{\delta m_1} < 0 \text{ et } \frac{\delta \Pi_2}{\delta m_2} < 0$$

Dans cette zone, les deux firmes maximiseront leur profit en réduisant leur demande de permis jusqu'à l'extrême limite de la zone A, le point $(\frac{\delta - c}{3\beta}, \frac{\delta - c}{3\beta})$.



$$\textbf{ZONE B : } e_1 \geq \frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta} , \quad e_2 \leq \frac{\delta - c}{3\beta}$$

$$\Pi_1 = \frac{(\delta - c - \beta e_2)^2}{4\beta} , \quad \Pi_2 = \frac{(\delta - c - \beta e_2)e_2}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{\partial \Pi_1}{\partial e_1} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial \Pi_1}{\partial m_1} = -p^0 < 0$$

\Rightarrow la firme 1 doit réduire sa demande de permis pour augmenter son profit.

$$\Rightarrow \frac{\partial \Pi_2}{\partial e_2} = \frac{\delta - c}{2} - \beta e_2 \Rightarrow \frac{\partial \Pi_2}{\partial m_2} = \frac{(\delta - c - \beta e_2)(a_2 + 1)}{2} - p^0 = 0$$

$$\Rightarrow \frac{\delta - c}{2} - \beta m_2(a_2 + 1) = \frac{p^0}{a_2 + 1}$$

$$\Rightarrow \frac{\delta - c}{2\beta} - \frac{p^0}{\beta(a_2 + 1)} = m_2(a_2 + 1)$$

$$\textbf{Zone C et Zone D : } e_1 \leq \frac{\delta - c - \beta e_2}{2\beta} , e_2 \leq \frac{\delta - c}{3\beta}$$

$$\Pi_1 = [\delta - c - \beta(e_1 + e_2)]e_1 \quad \text{où} \quad e_1 = m_1(a_1 + 1)$$

$$\Pi_2 = [\delta - c - \beta(e_1 + e_2)]e_2 \quad e_2 = m_2(a_2 + 1)$$

D'après l'équation (1),

$$\frac{\partial \Pi_1}{\partial m_1} = \{[\delta - c - \beta(e_1 + e_2)] - \beta e_1\}(a_1 + 1) - p^0 = 0$$

D'après l'équation (2),

$$\frac{\partial \Pi_2}{\partial m_2} = \{[\delta - c - \beta(e_1 + e_2)] - \beta e_2\}(a_2 + 1) - p^0 = 0$$

$$\frac{\delta \Pi_1}{\delta m_1} = [\delta - c - 2\beta e_1 - \beta e_2] (a_1 + 1) - p^0 = 0$$

$$\frac{\delta \Pi_2}{\delta m_2} = [\delta - c - 2\beta e_2 - \beta e_1] (a_2 + 1) - p_0 = 0$$

$$\Rightarrow [\delta - c - 2\beta m_1 (a_1 + 1) - \beta m_2 (a_2 + 1)] - \frac{p^0}{a_1 + 1} = 0 \quad (3)$$

$$[\delta - c - 2\beta m_2 (a_2 + 1) - \beta m_1 (a_1 + 1)] - \frac{p^0}{a_2 + 1} = 0 \quad (4)$$

COURBES DE RÉACTION

D'après l'équation (3),

$$\text{si } m_1 = 0 \text{ alors } [\delta - c - \beta m_2 (a_2 + 1)] - \frac{p^0}{a_1 + 1} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{\delta - c - \frac{p^0}{a_1 + 1}}{\beta (a_2 + 1)} = m_2$$

$$\text{si } m_2 = 0 \text{ alors } [\delta - c - 2\beta m_1 (a_1 + 1)] - \frac{p^0}{a_1 + 1} = 0$$

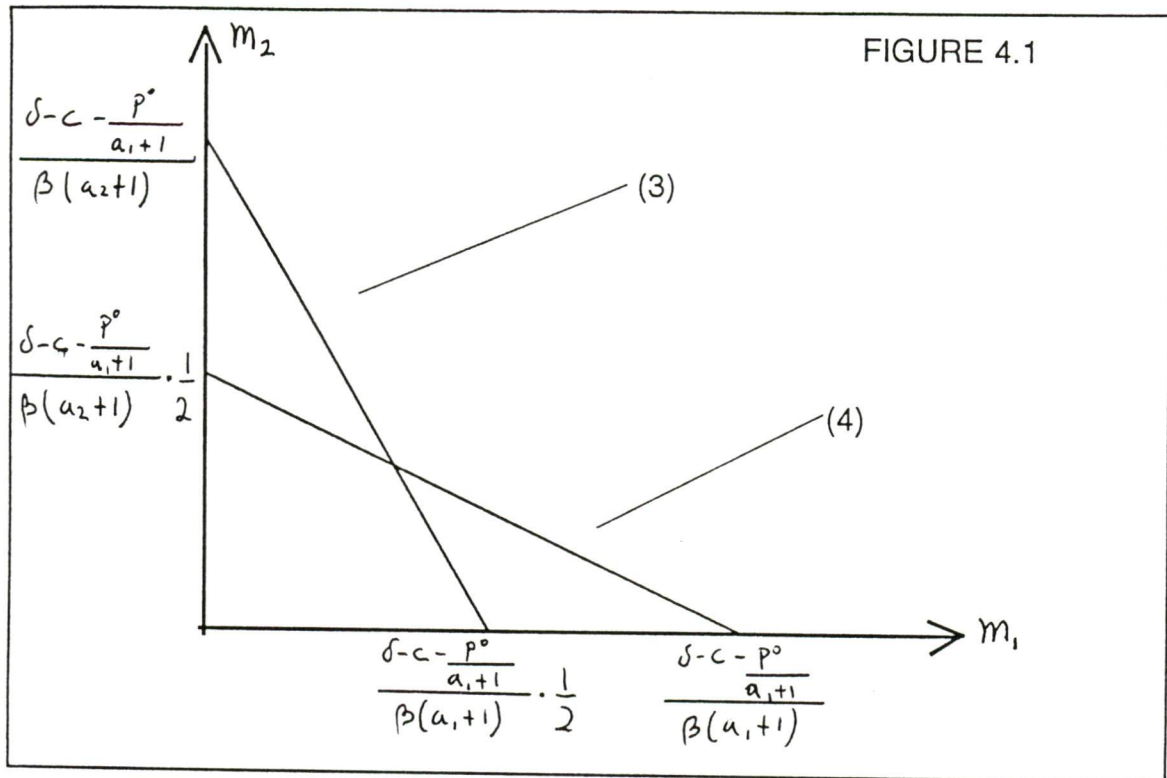
$$\Rightarrow \frac{\delta - c - \frac{p^0}{a_1 + 1}}{2\beta (a_1 + 1)} = m_1$$

D'après l'équation (4),

$$\text{si } m_1 = 0 \text{ alors } m_2 = \frac{\delta - c - \frac{p^0}{a_1 + 1} \cdot \frac{1}{2}}{\beta (a_2 + 1)}$$

$$\text{si } m_2 = 0 \text{ alors } m_1 = \frac{\delta - c - \frac{p^0}{a_1 + 1}}{\beta (a_1 + 1)}$$

Graphique des courbes de réaction :



4.2 Détermination de m_i^*

Posons l'équation (3) = l'équation (4) :

$$\delta - c - 2\beta m_1(a_1+1) - \beta m_2(a_2+1) - \frac{p^0}{a_1+1} = \delta - c - 2\beta m_2(a_2+1) - \beta m_1(a_1+1) - \frac{p^0}{a_2+1}$$

$$\Rightarrow \beta m_2(a_2+1) + \frac{p^0}{a_2+1} = \beta m_1(a_1+1) + \frac{p^0}{a_1+1}$$

$$\Rightarrow \beta m_1(a_1+1) = \beta m_2(a_2+1) + \frac{p^0}{a_2+1} - \frac{p^0}{a_1+1} \quad (5)$$

(5) dans (4) :

$$\delta - c - 2\beta m_2(a_2+1) - \beta m_2(a_2+1) - \frac{p^0}{a_2+1} + \frac{p^0}{a_1+1} - \frac{p^0}{a_2+1} = 0$$

$$\Rightarrow \delta - c - 3\beta m_2(a_2+1) - \frac{2p^0}{a_2+1} + \frac{p^0}{a_1+1} = 0$$

$$\Rightarrow \delta - c - p^0 \left[\frac{2}{a_2+1} - \frac{1}{a_1+1} \right] = 3\beta m_2(a_2+1)$$

$$\Rightarrow m_2^* = \frac{\delta - c}{3\beta(a_2+1)} + \frac{p^0}{3\beta(a_2+1)} \left[\frac{1}{a_1+1} - \frac{2}{a_2+1} \right] \quad (6)$$

$$m_1^* = \frac{\delta - c}{3\beta(a_1+1)} + \frac{p^0}{3\beta(a_1+1)} \left[\frac{1}{a_2+1} - \frac{2}{a_1+1} \right] \quad (7)$$

CONDITIONS À RESPECTER

Pour respecter les critères de notre marché, il est essentiel que toute hausse du prix p^0 entraîne une diminution de la demande m_i ($\frac{\partial m_i}{\partial p^0} \leq 0$).

Puisque nous savons déjà que $3\beta(a_1+1) > 0$, il faudra obligatoirement que

$$\frac{1}{a_1+1} - \frac{2}{a_2+1} \leq 0 \quad \text{et} \quad \frac{1}{a_2+1} - \frac{2}{a_1+1} \leq 0$$

$$\Rightarrow \frac{1}{a_1+1} \leq \frac{2}{a_2+1} \Rightarrow a_2+1 \leq 2a_1+2$$

$$\Rightarrow a_2 \leq 2a_1+1$$

$$\Rightarrow \frac{1}{a_2+1} \leq \frac{2}{a_1+1} \Rightarrow a_1+1 \leq 2a_2+2$$

$$\Rightarrow \frac{a_1-1}{2} \leq a_2$$

Donc si $\frac{a_1-1}{2} \leq a_2 \leq 2a_1+1$ alors $\frac{\partial m_1}{\partial p^0} \leq 0$

et $\frac{\partial m_2}{\partial p^0} \leq 0$

2° La demande optimale de permis de la firme i doit se situer entre 0 et $\frac{m_0}{2}$ (la part des permis disponibles à chaque firme i).

$$0 \leq m_i^* \leq \frac{m_0}{2}$$

$$m_i^* \geq 0 : \frac{\delta-c}{3\beta(a_i+1)} + \frac{p^0}{3\beta(a_i+1)} \left[\frac{1}{a_j+1} - \frac{2}{a_i+1} \right] \geq 0$$

$$\Rightarrow p^0 \geq \frac{-(\delta-c)}{\left[\frac{1}{a_j+1} - \frac{2}{a_i+1} \right]} \quad \text{où} \quad \frac{1}{a_j+1} - \frac{2}{a_i+1} \leq 0$$

$$m_i^* \leq \frac{m_0}{2} : \frac{\delta-c}{3\beta(a_i+1)} + \frac{p^0}{3\beta(a_i+1)} \left[\frac{1}{a_j+1} - \frac{2}{a_i+1} \right] \leq \frac{m_0}{2}$$

$$\Rightarrow \delta-c + p^0 \left[\frac{1}{a_j+1} - \frac{2}{a_i+1} \right] \leq 3\beta(a_i+1) \cdot \frac{m_0}{2}$$

$$\Rightarrow p^0 \leq \frac{3\beta(a_i+1) \frac{m_0}{2} - (\delta-c)}{\left[\frac{1}{a_j+1} - \frac{2}{a_i+1} \right]}$$

4.3 Détermination des e_i^* et a_i^* :

Puisque $e_i = m_i(a_i + 1)$ et que l'on connaît m_i^* , alors on sait que

$$e_1^* = \frac{\delta - c}{3\beta} + \frac{p^0}{3\beta} \left[\frac{1}{a_2 + 1} - \frac{2}{a_1 + 1} \right] \quad (8)$$

$$e_2^* = \frac{\delta - c}{3\beta} + \frac{p^0}{3\beta} \left[\frac{1}{a_1 + 1} - \frac{2}{a_2 + 1} \right] \quad (9)$$

Si $\frac{a_1 - 1}{2} \leq a_2 \leq 2a_1 + 1$, alors une augmentation du prix (p^0) provoquera une diminution des émissions car la dérivée $\frac{\partial e_i^*}{\partial p^0} \leq 0$.

DETERMINATION DES a_i :

On a que:

$$\Pi_1^* = [\delta - c - \beta(e_1^* + e_2^*)] e_1^*$$

$$\Pi_2^* = [\delta - c - \beta(e_1^* + e_2^*)] e_2^*$$

$$\begin{aligned} \text{où } e_1^* + e_2^* &= \frac{\delta - c}{3\beta} + \frac{p^0}{3\beta} \left[\frac{1}{a_2 + 1} - \frac{2}{a_1 + 1} \right] \\ &+ \frac{\delta - c}{3\beta} + \frac{p^0}{3\beta} \left[\frac{1}{a_1 + 1} - \frac{2}{a_2 + 1} \right] \\ &= \frac{2(\delta - c)}{3\beta} - \frac{p^0}{3\beta} \left[\frac{1}{a_1 + 1} + \frac{1}{a_2 + 1} \right] \end{aligned}$$

Soit π_i : le profit total de la firme i (voir la section 3.3 à la page 51)

$f \cdot \left[1 - \frac{1}{a_i + 1} \right]$: fonction d'investissement

$$\pi_i^* = \Pi_i^* - f \left[1 - \frac{1}{a_i + 1} \right] = \Pi_i^* + f \left(\frac{1}{a_i + 1} + 1 \right)$$

$$\Rightarrow \pi_i^* = \left[\delta - c - \beta \left(\frac{2(\delta - c)}{3\beta} - \frac{p^0}{3\beta} \left[\frac{1}{a_1 + 1} + \frac{1}{a_2 + 1} \right] \right) \right] e_i^* + f \left(\frac{1}{a_i + 1} + 1 \right)$$

$$\Rightarrow \pi_i^* = \left[\frac{(\delta - c)}{3} + \frac{p^0}{3} \left(\frac{1}{a_1 + 1} + \frac{1}{a_2 + 1} \right) \right] e_i^* + f \left(\frac{1}{a_i + 1} + 1 \right) \quad (10)$$

$$\text{on a que } \frac{\partial e_1^*}{\partial a_1^*} = \frac{2p^0}{3\beta} \cdot \frac{1}{(a_1+1)^2}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{\partial \pi_i^*}{\partial a_1} &= \left(\frac{p^0}{3} - \frac{1}{(a_1+1)^2} \right) \left[\frac{\delta-c}{3\beta} + \frac{p^0}{3\beta} \left(\frac{1}{a_2+1} - \frac{2}{a_1+1} \right) \right] \\ &+ \left(\frac{2p^0}{3\beta} - \frac{1}{(a_1+1)^2} \right) \left[\frac{\delta-c}{3} + \frac{p^0}{3} \left(\frac{1}{a_1+1} + \frac{1}{a_2+1} \right) \right] \\ &- f \frac{1}{(a_1+1)^2} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{\partial \pi_i^*}{\partial a_1} &= -\frac{p^0}{3} \left[\frac{\delta-c}{3\beta} + \frac{p^0}{3\beta} \left(\frac{1}{a_2+1} - \frac{2}{a_1+1} \right) \right] \\ &+ \frac{2p^0}{3\beta} \left[\frac{\delta-c}{3} + \frac{p^0}{3} \left(\frac{1}{a_1+1} + \frac{1}{a_2+1} \right) \right] \\ &- f = 0 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \frac{p^0}{3\beta} \left[\frac{(\delta-c)}{3} + \frac{p^0}{3} \left(\frac{1}{a_2+1} + \frac{4}{a_1+1} \right) \right] - f = 0 \quad (11)$$

$$\Rightarrow \frac{\delta-c}{3} + \frac{p^0}{3} \left(\frac{1}{a_2+1} + \frac{4}{a_1+1} \right) = \frac{f \cdot 3\beta}{p^0}$$

$$\Rightarrow p^0 \left(\frac{1}{a_2+1} + \frac{4}{a_1+1} \right) = \frac{f \cdot 9\beta}{p^0} - (\delta-c)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{a_2+1} + \frac{4}{a_1+1} = \frac{f \cdot 9\beta}{(p^0)^2} - \frac{(\delta-c)}{p^0} = Y$$

$$\Rightarrow \frac{1}{a_2+1} + \frac{4}{a_1+1} = Y$$

$$\Rightarrow \frac{1}{a_2+1} = Y - \frac{4}{a_1+1} \quad \Rightarrow \quad a_2 = \frac{1}{Y - \frac{4}{a_1+1}} - 1 \quad (12)$$

CONCLUSION

Nous avons déterminé dans ce chapitre les valeurs de m_i , de e_i et a_i à l'optimum. De plus nous savons que le modèle n'est plus résolu que par des solutions de coin telle

$(m_1, m_2) \neq (\frac{\delta - c}{2\beta(a_1 + 1)}, 0)$, le monopole n'est plus la solution optimale. En effet,

l'introduction du prix plancher p^0 a forcé la demande de permis à se maintenir autant pour la firme 1 que pour la firme 2. La restriction imposé par $p^0 \geq \frac{(\delta - c)^2}{18\beta m_0}$ nous assure

que les $e_i^* = \frac{\delta - c}{3\beta} + \frac{p^0 [1 - 2]}{3\beta a_i + 1} \leq \frac{\delta - c}{3\beta}$, donc que la contrainte environnementale

du départ n'est jamais violée et que $m_1 \neq 0$ et $m_2 \neq 0$.

CHAPITRE 5

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Notre travail nous a permis d'apprendre et d'analyser mathématiquement les réactions du marché des permis échangeables en situation de concurrence imparfaite. Bien qu'il ait été facile de supposer qu'un système de permis en situation de duopole n'aurait pas l'efficacité attendue, il n'était pas clair de quelle façon réagiraient les joueurs. Nous ne savions pas si échanges il y aurait, les firmes préférant nuire à leur compétiteur en ne vendant pas leurs permis inutilisés; ou si les échanges seraient moins fréquents vu le nombre limité de joueurs.

Suite à notre étude d'un duopole de Cournot, nous avons pu démontrer que si une industrie de concurrence imparfaite se voit imposer un système de permis échangeables pour réduire et contrôler les émissions polluantes, il est fort possible que les firmes de cette industrie se servent du marché parallèle des permis pour élaborer des stratégies de prise de marché du bien en production. Étant donné que le profit de monopole est supérieur à la somme des profits de duopole, notre travail (chapitre 3) a montré que les échanges de permis sont à sens unique, c'est-à-dire vers le monopsonne du marché des permis par une des firmes (celle qui domine les investissements technologiques).

Pour remédier à cette situation nous avons proposé, au chapitre 4, un modèle de permis échangeables avec possibilité de revente au gouvernement. Ce modèle inclut un prix plancher garanti par le gouvernement de façon à s'assurer que le gain en profit, pour la firme vendeuse de permis, est supérieur lorsqu'elle vend sur le marché que si elle accepte la compensation du monopoleur. Le prix plancher a été fixé à $p^0 \geq (\delta - c)^2$ et nous assure que $m_i \neq 0$ pour tous i et pour $18\beta m_0$

tous les scénarios que nous avons vus (c.f. p.39) c'est-à-dire que la demande de permis n'est jamais nulle.

En introduction au Chapitre 3 (p. 29), nous avons fait référence à l'article de Sartzetakis. Il n'y a pas nécessairement de divergence entre ce qu'il avance et ce que nous avons trouvé dans ce travail. Si on se fie à nos démonstrations mathématiques, nous n'aurons que des solutions de coins. Dans la pratique, certains comme Sartzetakis prétendent qu'il est suffisant pour un duopoleur de nuire à son compétiteur en augmentant ses coûts de production et que l'arrêt éventuel de production de ce dernier surviendra bien avant l'achat de tous les permis par la première firme. La compensation à

verser par le monopoleur lui sera épargnée, car l'arrêt de production de son compétiteur lui accordera, par défaut, le monopole. En ce sens, les deux théories ne sont pas mutuellement exclusives.

Par contre, là où se butent les deux théories, c'est quand il s'agit des réactions que nous anticipons du joueur qui est en position avantageuse. Sartzetakis prétend que ce joueur se servira de sa position pour d'abord essayer de contrôler et hausser le prix du permis avec comme objectif de nuire à son concurrent en haussant ses coûts de production, le forçant éventuellement à disparaître du marché de production. Sous cette optique, il a analysé les effets de la variation du prix sur la demande de permis et sur le profit des firmes.

Dans nos calculs, nous ne remarquons pas la même réaction. La firme qui a l'avantage veut aussi contrôler le marché des permis, mais son objectif est de profiter de ses coûts moins élevés pour acquérir, via les permis, une plus grande part du marché et ultimement atteindre le monopole. Dans ce scénario, la seconde firme est compensée monétairement pour sa perte de production.

Sachant que $\Pi_{\text{monopole}} > \Sigma \Pi_{\text{duopole}}$, nous avons analysé la variation du profit (Π) suite à une variation de la demande (m_i) afin de vérifier que cette hypothèse tenait pour notre modèle. Ainsi, peu importe les stratégies de prise de contrôle via les prix, seules les solutions de coins devraient être envisageables, ce qui concorde avec les résultats de Hung et Richelle.

En définitive les permis échangeables s'avèrent être un outil attrayant car ils permettent aux entreprises de développer des stratégies de marché, donc ils assurent une répartition efficace de l'effort de réduction de la pollution tout en permettant au gouvernement d'atteindre ses objectifs environnementaux. Pour appliquer cet outil à un marché de concurrence imparfaite, il est cependant important de tenir compte des problèmes engendrés par le comportement non-compétitif des joueurs sur deux marchés parallèles.

Bien que très théoriques, ces résultats trouvent des applications pour la réglementation d'industries qui nous sont bien connues. En effet, une application du système de permis échangeables avec possibilité de revente au gouvernement s'avère être une avenue envisageable pour l'industrie des

pâtes et papier. Cette industrie, régie par un nombre limité de producteurs, possède la caractéristique de se regrouper dans certains points chauds au Canada. Seulement au Québec, on pense aux régions de l'Abitibi, de la Gaspésie, de la Côte Nord et, plus près de nous, la rivière Saint-François en Estrie. Plus spécifiquement, il serait possible de mesurer la capacité d'absorption des polluants typiques aux papetières pour un bassin hydraugraphique (Saint-François) pour ensuite en diviser équitablement les droits parmi les producteurs de la région. Cette pratique permettrait d'internaliser les coûts environnementaux.

BIBLIOGRAPHIE

- Anderson,K. ; Blackhurst,R. ; The Greening of World Trade Issues, Univ. of Michigan press, 1992.
- Baumol,W.J. ; Oates,W.E. ; The Theory of Environmental Policy, deuxième édition, Cambridge Univ. press, 1988.
- Baumol,W.J. ; Oates,W.E. ; Economics, Environmental Policy and the Quality of Life, Englewoods Cliff N.J., Prentice Hall, 1979.
- Braden,J. ; Segerson,K. ; Information Problems in the Design of Nonpoint-Source Pollution Policy, AERE Workshop in the management of nonpoint-source pollution, Lexington, KY, 1991.
- Butler,A. ; Environmental protection and free-trade : are they mutually exclusive, Federal reserve bank of St-Louis, mai-juin 1992.
- Coase,R.H. ; The problem of social cost, Journal of Law and Economics III, oct. 1960, p.1-44.
- Copeland,B.R. ; Taxes versus Standards to Control Pollution in Imperfectly Competitive Markets, working paper, University of British Colombia, 1990.
- Dales,J. ; Pollution, Property and Prices, Univ. of Toronto press, 1968.
- Deweese,D.N. ; Everson,C.K. ; Sims,W.A. ; Economic analysis of environmental policies, Univ. of Toronto press, 1975.
- Dowing,P.B. ; Environmental economics and policy, Little Brown and company, 1984.
- Floor Brouwer ; Integrated environmental modelling: design and tools, Kluwer academic publishers, 1987.
- Hahn,R.W. ; Comparing Environmental Markets with Standards, Canadien Journal of Economics XXVI no.2, mai 1993, p.346-354.
- Hahn, R.W. ; Market Power and Transferable Property Rights, Quaterly Journal of Economics, 99; 1984; p.752-65.
- Hahn, R.W. et G.L. Hester; Where Did All the Markets Go ? An Analysis of EPA's Emissions Trading Program , Yale Journal of regulation,6; p.109-53; 1989.
- Helm,D. ; Economic policy towards environment, Black, 1991.
- Hung,N.M. ; Richelle,Y. ; The Choice of Externality Regulatory Instrument Under Imperfect Competition, miméo, Université Laval, 1994.

Keeler,A.G. ; Noncompliant Firms in Transferable Discharge Permit Markets; Some Extensions, Journal of Environmental Economics and Management 21,1991, p.180-189.

Krupnick,A. ; Oates,W. ; Van de Verg,E. ; On Marketable Air Pollution Permits: The Case of a System of Pollution Offset, Journal of environmental economics and management X, déc.1983, p.233-247.

Le plan vert du Canada ; Les instruments économiques et la protection de l'environnement, Document de travail, 1992.

Lloyd,P.J. ; The problem of optimal environmental policy choice, dans The greening of world trade issues, p.49-72.

Malik,A.S. ; Markets for Pollution Control when Firms are Noncompliant, Journal of Environmental Economics and Management 18, 1990, p.180-189.

Migué,J.L. ; Marceau,R. ; Pollution Taxes, Subsidies and Rentseeking, Canadien Journal of Economics XXVI no.2, mai 1993, p.355-365.

Nicolaisson,J. ; Dean,A. ; Hoeller,P. ; Économie et environnement: problèmes et orientations possibles, Revue Économique de l'O.C.D.E., printemps 1991.

Oates,W. ; Markets for Pollution Control, Challenge, may-june 1984, p.11-17.

O.C.D.E. ; Environnement et économie, résultats de la conférence internationale sur l'environnement et l'économie du 18-21 juin 1984.

O'Neil,W. ; David,M. ; Moores,C. ; Joeres,E. ; Transferable Discharge Permits and Economic Efficiency: The Fox River, Journal of Environmental Economics and Management X, déc. 1983, p.346-355.

Ontario Ministry of the environment ; Report on the 1989 Industrial Direct Discharges in Ontario, Queen's printer for Ontario, 1991.

Pearce,D.W. ; Turner,R.K. ; Economics of natural resources and the environment, John Hopkins Univ. press, 1990.

Pezzey,J. ; The Symmetry Between Controlling Pollution by Price and Controlling it by Quantity, Canadien Journal of Economics XXV, nov. 1992, p.983-991.

Salop, S.C. et D.T.Scheffman; Raising Rival's Costs , American Economic Review, Papers and Proceedings, 73; p.267-71 ; 1983.

Segerson,K. ; Tietenberg,T. ; The Structure of Penalties in Environmental Enforcement: An Economic Analysis, Journal of Environmental Economics and Management 23, 1992, p.179.

Tietenberg, T. ; Emissions Trading: An Exercise in Reforming Pollution Policy, Resources for the Future no.79, 1985, p.17-22.

Tietenberg, T. ; Economic Instruments for Environmental Regulation, Oxford Review of Economic Policy, printemps 1990, p.17-33.

Xepapadeas, A.P. ; Environmental Policy Design and Dynamic Nonpoint-source Pollution, Journal of Environmental Economics and Management 23, 1992, p.22 .